ИД «Академия Естествознания»

# СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Научный журнал**

**№ 9 2026**

# MODERN HIGH TECHNOLOGIES

**Scientific journal**

**No. 9 2026**

PH Academy of Natural History

**Современные наукоемкие технологии**

Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.
**Журнал зарегистрирован** Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. **Свидетельство – ПИ № ФС 77-63399** от 16.10.2015.
**«Современные наукоемкие технологии»** – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи, обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершенных исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.
**Журнал включен** в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (**ВАК РФ**). **К1**.
Журнал ориентируется на ученых, преподавателей, инженерно-технических специалистов, сотрудников информационных технологий и информатики, использующих в своих исследованиях междисциплинарный подход. Авторы журнала уделяют особое внимание методологии преподавания технических дисциплин.
**Основные научные направления**: 1.2. Компьютерные науки и информатика, 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации, 2.5. Машиностроение, 5.8. Педагогика.

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**
***Ледванов Михаил Юрьевич,*** д.м.н., профессор

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ**
***Бизенкова Мария Николаевна,*** к.м.н.

**Технический редактор**
Доронкина Е. Н.

**Корректор**
Галенкина Е. С.,
Дудкина Н. А.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.х.н. к.ф.-м.н., проф. ***Алоев В. З.*** (Нальчик); д.т.н., проф. ***Ахтулов А. Л.*** (Омск); д.т.н., проф. ***Баёв А. С.*** (Санкт-Петербург); д.п.н., к.х.н., проф. ***Безрукова Н. П.*** (Красноярск); д.п.н., доцент ***Бобыкина И. А.*** (Челябинск); д.г.-м.н. к.т.н., проф. ***Бондарев В. И.*** (Екатеринбург); д.псх.н., проф. ***Долгова В. И.*** (Челябинск); д.т.н., доцент ***Дубровин А. С.*** (Воронеж); д.п.н., доцент ***Евтушенко И. В.*** (Москва); д.п.н. к.ф.-м.н., проф. ***Ефремова Н. Ф.*** (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. ***Иванова Г. С.*** (Москва); д.т.н., проф. ***Калмыков И. А.*** (Ставрополь); д.ф.-м.н. ***Катаева Л. Ю.*** (Нижний Новгород); д.псх.н. к.п.н., доцент ***Кибальченко И. А.*** (Таганрог); д.п.н., к.т.н., проф. ***Козлов О. А.*** (Москва); д.т.н., проф. ***Козлов А. М.*** (Липецк); д.т.н., профессор ***Козловский В. Н.*** (Самара); д.т.н., доцент ***Красновский А. Н.*** (Москва); д.т.н., доцент ***Кузяков О. Н.*** (Тюмень); д.п.н., проф. ***Куликовская И. Э.*** (Ростов-на-Дону); д.ф.-м.н., доцент ***Ломазов В. А.*** (Белгород); д.т.н., доцент ***Лубенцов В. Ф.*** (Краснодар); д.т.н., проф. ***Мадера А. Г.*** (Москва); д.п.н., к.филос.н., проф. ***Матис В. И.*** (Барнаул); д.п.н., проф. ***Микерова Г. Ж.*** (Краснодар); д.т.н., к.ф.-м.н. ***Мишин В. М.*** (Ставрополь); д.п.н., к.б.н., проф. ***Моисеева Л. В.*** (Екатеринбург); д.т.н., проф. ***Мурашкина Т. И.*** (Пенза); д.т.н., проф. ***Надеждин Е. Н.*** (Москва); д.ф.-м.н., проф. ***Никонов Э. Г.*** (Дубна); д.т.н., проф. ***Осипов Г. С.*** (Южно-Сахалинск); д.т.н., проф. ***Пивень В. В.*** (Тюмень); д.т.н. ***Попок В. Н.*** (Москва); д.п.н., проф. ***Рахимбаева И. Э.*** (Саратов); д.т.н., проф. ***Рогачев А. Ф.*** (Волгоград); д.т.н., проф. ***Сердобинцев Ю. П.*** (Волгоград); д.э.н., проф. ***Сихимбаев М. Р.*** (Караганда); д.т.н., проф. ***Скрыпник О. Н.*** (Беларусь, Минский район, агрогородок Колодищи); д.п.н., проф. ***Собянин Ф. И.*** (Белгород); д.т.н., проф. ***Страбыкин Д. А.*** (Киров); д.т.н., проф. ***Сугак Е. В.*** (Красноярск); д.п.н., проф. ***Ульянова И. В.*** (Москва); к.т.н., доцент ***Хайдаров А. Г.*** (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. ***Хода Л. Д.*** (Нерюнгри); д.т.н., проф. ***Часовских В. П.*** (Екатеринбург); д.т.н., проф. ***Ченцов С. В.*** (Красноярск); д.ф.-м.н., проф. ***Ширапов Д. Ш.*** (Улан-Удэ); д.т.н., проф. ***Шишков В. А.*** (Самара)

**ISSN 1812–7320**
**Электронная версия: top-technologies.ru/ru**
**Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index**
**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,279**
**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,523**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Периодичность** | 12 номеров в год | | |
| **Учредитель, издатель и редакция** | ООО ИД «Академия Естествознания» | | |
| **Почтовый адрес** | 105037, г. Москва, а/я 47 | | |
| **Адрес редакции и издателя** | 440026, обл. Пензенская, г. Пенза, ул. Московская, влд. 27 | | |
| **Типография** | ООО «НИЦ Академия Естествознания»<br>410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5 | | |
| **E-mail** | edition@rae.ru | **Телефон** | +7 (499) 705-72-30 |
| **Подписано в печать** | 30.09.2026 | **Дата выхода номера** | 30.10.2026 |
| **Формат** | 60x90 1/8 | **Усл. печ. л.** | 41,75 |
| **Тираж** | 1000 экз. | **Заказ** | СНТ 2026/9 |

Распространяется по свободной цене
© ООО ИД «Академия Естествознания»

**Modern high technologies**
Scientific journal

The journal has been published since 2003.
**The journal is registered** by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-63399** dated October 16, 2015.
**"Modern high technologies"** is a peer-reviewed scientific journal that publishes articles with scientific novelty, representing the results of completed research, problematic or scientific-practical character, scientific reviews.
The journal is included in the current List of peer-reviewed scientific publications (**HCC RF**). **K1**.
The journal is oriented to scientists, teachers, engineering and technical specialists, employees of information technology and computer science, using an interdisciplinary approach in their research. The authors of the journal pay special attention to the methodology of teaching technical disciplines.
**Main scientific directions:** 1.2. Computer Science and Informatics, 2.3. Information technologies and telecommunications, 2.5. Engineering, 5.8. Pedagogy.

**CHIEF EDITOR**
***Ledvanov Mikhail Yurievich,*** Dr. Sci. (Medical), Prof.

**EXECUTIVE SECRETARY**
***Bizenkova Maria Nikolaevna,*** Cand. Sci. (Medical)

**Technical editor**
Doronkina E. N.

**Corrector**
Galenkina E. S.,
Dudkina N. A.

**EDITORIAL BOARD**

D.Sc., C.Sc., Prof. ***Aloev V. Z.*** (Nalchik); D.Sc., Prof. ***Akhtulov A. L.*** (Omsk); D.Sc., Prof. ***Bajov A. S.*** (St. Petersburg); D.Sc., C.Sc., Prof. ***Bezrukova N. P.*** (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent ***Bobykina I. A.*** (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. ***Bondarev V. I.*** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. ***Dolgova V. I.*** (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. ***Dubrovin A. S.*** (Voronezh); D.Sc., Docent ***Evtushenko I. V.*** (Moscow); D.Sc., C.Sc., Prof. ***Efremova N. F.*** (Rostov-on-Don); D.Sc. ***Ivanova G. S.*** (Moscow); D.Sc., Prof. ***Kalmykov I. A.*** (Stavropol); D.Sc. ***Katayeva L. Yu.*** (Nizhny Novgorod); D.Sc C.Sc., Docent ***Kibalchenko I. A.*** (Taganrog); D.Sc., C.Sc., Prof. ***Kozlov O. A.*** (Moscow); D.Sc., Prof. ***Kozlov A. M.*** (Lipetsk); D.Sc., Prof. ***Kozlovsky V. N.*** (Samara); D.Sc. ***Krasnovsky A. N.*** (Moscow); D.Sc., Docent ***Kuzyakov O. N.*** (Tyumen); D.Sc., Prof. ***Kulikovskaya I. E.*** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent ***Lomazov V. A.*** (Belgorod); D.Sc., Docent ***Lubentsov V. F.*** (Krasnodar); D.Sc., Prof. ***Madera A. G.*** (Moscow); D.Sc. C.Sc., Prof. ***Matis V. I.*** (Barnaul); D.Sc., Prof. ***Mikerova G. J.*** (Krasnodar); D.Sc., C.Sc. ***Mishin V. M.*** (Stavropol); D.Sc., C.Sc., Prof. ***Moiseeva L. V.*** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. ***Murashkina T. I.*** (Penza); D.Sc., Prof. ***Nadezhdin E. N.*** (Moscow); D.Sc., Prof. ***Nikonov E. G.*** (Dubna); D.Sc., Prof. ***Osipov G. S.*** (Yuzhno-Sakhalinsk); D.Sc., Prof. ***Piven V. V.*** (Tyumen); D.Sc., D.Sc. ***Popok V. N.*** (Moscow); D.Sc., Prof. ***Rakhimbaeva I. E.*** (Saratov); D.Sc., Prof. ***Rogachev A. F.*** (Volgograd); D.Sc., Prof. ***Serdobintsev Yu. P.*** (Volgograd); D.Sc., Prof. ***Sikhimbaev M. R.*** (Karaganda); D.Sc., Prof. ***Skrypnik O. N.*** (Belarus, Minsk District, Kolodishchi agricultural town); D.Sc., Prof. ***Sobyanin F. I.*** (Belgorod); D.Sc., Prof. ***Strabykin D. A.*** (Kirov); D.Sc., Prof. ***Sugak E. V.*** (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. ***Ulyanova I. V.*** (Moscow); C.Sc., Docent ***Khaidarov A. G.*** (St.-Petersburg); D.Sc., Prof. ***Khoda L. D.*** (Neryungri); D.Sc., Prof. ***Chasovskikh V. P.*** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. ***Chentsov S. V.*** (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. ***Shirapov D. Sh.*** (Ulan-Ude); D.Sc. ***Shishkov V. A.*** (Samara)

**ISSN 1812–7320**
**Electronic version: top-technologies.ru/ru**
**Rules for authors: top-technologies.ru/ru/rules/index**
**Impact-factor RISQ (two-year) = 1,279**
**Impact-factor RISQ (five-year) = 0,523**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Periodicity** | 12 issues per year | | |
| **Founder, publisher and editors** | LLC PH Academy of Natural History | | |
| **Mailing address** | 105037, Moscow, p.o. box 47 | | |
| **Editorial and publisher address** | 440026, Penza region, Penza, Moskovskaya st., bldg. 27 | | |
| **Printing** | LLC SPC Academy of Natural History<br>410035, Saratov, st. Mamontova, 5 | | |
| **E-mail** | edition@rae.ru | **Telephone** | +7 (499) 705-72-30 |
| **Signed for print** | 30.09.2026 | **Number issue date** | 30.10.2026 |
| **Format** | 60x90 1/8 | **Conditionally printed sheets** | 41,75 |
| **Circulation** | 1000 copies | **Order** | CHT 2026/9 |

Distribution at a free price
© LLC PH Academy of Natural History

# СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)**

***СТАТЬИ***

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ И ИНТЕРПОЛЯЦИИ КИНЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТАКТА В КОНТАКТЕ МЕДЬ МБ – КОРУНД ПРИ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Абрамов В. В., Жеглова Ю. Г., Пятков Д. А.* ..... 12

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТАМОЖЕННОГО ДОСМОТРА

*Безуглов Д. А., Шевчук П. С.* ..... 21

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЮДЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ КАНАЛА WI-FI: ПРИМЕНИМОСТЬ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

*Белкин Е. Н.* ..... 28

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКООРДИНАТНЫМИ МЕХАТРОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ВЗАИМОСВЯЗАННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

*Греков Э. Л., Шелихов Е. С., Кочковская С. С.* ..... 35

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОГО ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ КЛИЕНТСКИХ ОБНОВЛЕНИЙ

*Ермаков С. Р., Зыков С. В.* ..... 43

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ВВОДА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСАХ

*Журавлев Д. В., Калач А. В., Соловьев А. С., Золотарев Ю. Н.* ..... 54

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ К ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЧЕТКОГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

*Морковкин Д. Е., Перская В. В., Страхов И. А.* ..... 61

РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ СУНЖА)

*Никифорова А. А., Табунщик В. А., Горбунова Т. Ю.* ..... 81

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ СТРУКТУР В СЕПАРАТОРАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА

*Савин Е. С., Хоперсков А. В.* ..... 104

МОДЕЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ С КОНЕЧНЫМ ВХОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КВАНТОВОГО ОТЖИГА

*Тырышкин С. Ю., Хамитов Р. Н.* ..... 118

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ МИМИКИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ НА ОСНОВЕ CONVNEXT И ВЫРАВНИВАНИЯ ПРОТОТИПОВ VA-МНОГООБРАЗИЯ

*Янь М., Пак В. Г., Го Ч., Чжан Ю.* ..... 130

## Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

### СТАТЬИ

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Алпатова О. Б., Хрусталева Т. А.* ..... 140

ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УЧИТЕЛЯ-ЛОГОПЕДА С РОДИТЕЛЯМИ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

*Архипова С. В., Астафьева Д. В., Гришина О. С.* ..... 146

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРОССКУЛЬТУРНОЙ МЕДИАЦИИ В ВУЗОВСКОМ ЛИТЕРАТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

*Бирюкова О. И.* ..... 153

ПРОБЛЕМАТИКА ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ БУДУЩИХ МЕНЕДЖЕРОВ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ: СТРУКТУРИРОВАННЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Боровко М. В., Торбик Е. М., Андиш И. Б.* ..... 158

ЭТАПЫ ИНТЕГРАЦИИ ЭСТЕТИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА В СТРУКТУРУ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО И КИТАЙСКОГО ОПЫТА

*Ван Ц. Х.* ..... 172

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СПОНТАННОЙ ИНОЯЗЫЧНОЙ РЕЧИ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

*Габдуллина А. Ш.* ..... 182

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АКАДЕМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ: РЕГУЛЯРНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, КОГНИТИВНЫЕ РИСКИ И ЭТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

*Иванушкина Н. В., Мантуленко В. В.* ..... 189

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КАРТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

*Козлов С. В., Бабарико Р. М.* ..... 198

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: НОВЫЕ РОЛИ И ЭТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ

*Максимова Н. А.* ..... 205

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СУБЪЕКТНОСТЬ БУДУЩЕГО ПЕДАГОГА: СУЩНОСТЬ, ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА

*Мельникова В. В., Кузнецова А. Г.* ..... 211

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ СКВОЗНЫХ КОНТЕКСТНЫХ ЗАДАЧ МЕЖПРЕДМЕТНОГО ХАРАКТЕРА

*Митрохина С. В., Барышникова С. В.* ..... 221

ВЫБОР БАЗОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПАС-3D И NANOCAD

*Назарова Ж. А.* ..... 229

ВОЗМОЖНОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ ЗАДАНИЯ ПО АКУСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УВЕРЕННОСТИ МАГИСТРАНТОВ

*Плицына О. В.* ..... 235

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

*Пронина Е. В., Муханов С. А., Пихтилькова О. А.* ..... 241

ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ НЕФОРМАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ В ОБЛАСТИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ

*Родионова В. А., Кравцов А. О.* ..... 252

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ОСНОВЫ ЯЗЫКА SQL» КАК ПРИМЕР ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

*Смольянов А. Г.* ..... 259

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН КАК СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ СМЕШАННОЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРАНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Унтина М. В.* ..... 266

ДУХОВНО-НРАВСТВЕННЫЕ ЦЕННОСТИ В СТРУКТУРЕ ГУМАНИСТИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

*Хаблиева С. Р.* ..... 273

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ У СТУДЕНТОВ В РАМКАХ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

*Шарыпова Н. В., Милованова Л. А., Воронкова В. Ю.* ..... 278

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДИКИ ТЬЮТОРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

*Шауфлер Д. М.* ..... *284*

МОТИВАЦИОННЫЙ КРИТЕРИЙ УСПЕШНОСТИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН: ДИАГНОСТИКА И ДИНАМИКА

*Шимкович Е. Д.* ..... *294*

МЕТРОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ: ОТ ТЕОРИИ ТОЧНОСТИ К ТОЧНОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

*Шнейдер Е. М.* ..... *300*

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СРЕДСТВАМИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

*Щербатых Л. Н., Щербатых С. В., Щучка Т. А., Гнездилова Н. А.* ..... *306*

СТРУКТУРНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ УЧАСТНИКОВ СТУДЕНЧЕСКИХ ОТРЯДОВ: ИНВАРИАНТНЫЙ И ВАРИАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТЫ

*Якупов Ш. Н., Закиева Р. Р.* ..... *315*

***НАУЧНЫЙ ОБЗОР***

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, ЗОНЫ РИСКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМУ УЧЕБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «УЧИТЕЛЬ – ОБУЧАЮЩИЙСЯ»

*Голяев С. С., Голяева Н. В.* ..... *323*

***Педагогические науки (5.8.6)***

***СТАТЬЯ***

ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ АТЛЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКОЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА

*Бодюков Е. В., Сорокина Л. А., Рыбаков В. Н., Мусатова Е. Г., Климова Е. Н.* ..... *330*

# CONTENTS

## Technical sciences (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

### ARTICLES

A SOFTWARE MODULE FOR APPROXIMATING AND INTERPOLATING KINETIC CURVES OF CONTACT FORMATION IN A COPPER-MB-CORUNDUM CONTACT UNDER THERMAL STRAIN EFFECT

*Abramov V. V., Zheglova Yu. G., Pyatkov D. A.* ..... 12

NEURAL NETWORK MODELS FOR X-RAY IMAGE RECOGNITION IN CUSTOMS INSPECTION TASKS

*Bezuglov D. A., Shevchuk P. S.* ..... 21

HUMAN RECOGNITION METHODS BASED ON WI-FI CHANNEL PARAMETERS: APPLICABILITY TO ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

*Belkin E. N.* ..... 28

CONTROL SYSTEM FOR MULTI-AXIS MECHATRONIC DEVICES WITH INTERCONNECTED ELECTRIC DRIVES

*Grekov E. L., Shelikhov E. S., Kochkovskaya S. S.* ..... 35

DEVELOPMENT OF A METHOD AND ALGORITHMS FOR ADAPTIVE FEDERATED LEARNING CONSIDERING DISTRIBUTED DELAYS IN CLIENT UPDATES

*Ermakov S. R., Zykov S. V.* ..... 43

ADAPTIVE TEXT INPUT SYSTEM IN MODERN HUMAN-MACHINE INTERFACES

*Zhuravlev D. V., Kalach A. V., Solovev A. S., Zolotarev Yu. N.* ..... 54

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL READINESS OF RUSSIAN INDUSTRIAL SECTORS FOR DECARBONIZATION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS AND FUZZY MULTI-CRITERIA ANALYSIS

*Morkovkin D. E., Perskaya V. V., Strakhov I. A.* ..... 61

DEVELOPMENT AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF AN ALGORITHM FOR AUTOMATED ANALYSIS OF THE LONG-TERM DYNAMICS OF FOREST COVER BASED ON REMOTE SENSING DATA (USING THE SUNZHA RIVER BASIN AS AN EXAMPLE)

*Nikiforova A. A., Tabunschik V. A., Gorbunova T. Yu.* ..... 81

SIMULATION OF DUST STRUCTURES IN CENTRIFUGAL SEPARATORS

*Savin E. S., Khoperskov A. V.* ..... 104

MODEL-BASED PREDICTIVE CONTROL FOR SYSTEMS WITH FINITE INPUTS USING QUANTUM ANNEALING METHODS

*Tyryshkin S. Yu., Khamitov R. N.* ..... 118

METHOD FOR FACIAL EXPRESSION RECOGNITION IN REAL CONDITIONS BASED ON CONVNEXT AND VA MANIFOLD PROTOTYPE ALIGNMENT
*Yan M., Pak V. G., Guo Ch., Zhang Yu.* ..... 130

## Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

### ARTICLES

DIDACTIC CAPABILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF TRAINING SPECIALISTS IN THE PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PROFILE
*Alpatova O. B., Khrustaleva T. A.* ..... 140

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN TEACHER-PARENT INTERACTION: DIAGNOSTIC ASPECT
*Arkhipova S. V., Astafeva D. V., Grishina O. S.* ..... 146

DIDACTIC POTENTIAL OF CROSS-CULTURAL MEDIATION IN UNIVERSITY LITERARY EDUCATION
*Biryukova O. I.* ..... 153

CHALLENGES OF TEACHING ENGLISH TO FUTURE MANAGERS IN NON-LINGUISTIC UNIVERSITIES: A STRUCTURED REVIEW OF CONTEMPORARY RESEARCH
*Borovko M. V., Torbik E. M., Andish I. B.* ..... 158

APPROACHES TO INTEGRATING AESTHETIC EDUCATION INTO TEACHER TRAINING CURRICULA AT THE UNIVERSITY LEVEL: A COMPARATIVE STUDY OF RUSSIAN AND CHINESE PRACTICES
*Wang Q. H.* ..... 172

GAMIFICATION AS A MEANS OF ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF SPONTANEOUS FOREIGN LANGUAGE SPEECH TRAINING FOR STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES
*Gabdullina A. Sh.* ..... 182

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACADEMIC ENVIRONMENT: REGULARITY OF USE, COGNITIVE RISKS AND ETHICAL POINTS
*Ivanushkina N. V., Mantoulenko V. V.* ..... 189

FEATURES OF APPLICATION OF MAPPING METHODS IN EDUCATION
*Kozlov S. V., Babariko R. M.* ..... 198

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: NEW ROLES AND ETHICAL CHALLENGES
*Maksimova N. A.* ..... 205

PROFESSIONAL AGENCY OF A PRE-SERVICE TEACHER: ESSENCE, FUNCTIONS, AND STRUCTURE
*Melnikova V. V., Kuznetsova A. G.* ..... 211

ORGANIZATION OF STUDENTS' RESEARCH ACTIVITY IN MATHEMATICS ON THE BASIS OF CROSS-CUTTING CONTEXTUAL INTERDISCIPLINARY TASKS

*Mitrokhina S. V., Baryshnikova S. V.* ..... *221*

CHOOSING A BASIC COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM FOR STUDENTS' GEOMETRIC AND GRAPHIC TRAINING: A COMPARATIVE ANALYSIS OF KOMPAS-3D AND NANOCAD

*Nazarova Zh. A.* ..... *229*

POSSIBILITIES OF ACTUALIZING AN ACOUSTIC SAFETY ASSIGNMENT IN THE FORMATION OF MASTER'S STUDENTS' PROFESSIONAL CONFIDENCE

*Plitsyna O. V.* ..... *235*

COMPUTER VISUALIZATION OF SECOND-ORDER CURVES AND SURFACES AS A TOOL FOR DEVELOPING META-SUBJECT COMPETENCIES IN TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS

*Pronina E. V., Mukhanov S. A., Pikhtilkova O. A.* ..... *241*

GENDER ASPECTS OF NON-FORMAL ADULT EDUCATION IN THE FIELD OF HEALTH PRESERVATION

*Rodionova V. A., Kravtsov A. O.* ..... *252*

LABORATORY PRACTICE "BASICS OF THE SQL LANGUAGE" AS AN EXAMPLE OF A DIGITAL TOOL FOR TEACHING FOREIGN STUDENTS

*Smolyanov A. G.* ..... *259*

INSTRUCTIONAL DESIGN AS A MEANS OF INDIVIDUALIZING THE BLENDED LEARNING FOR MASTER'S STUDENTS IN CHEMISTRY EDUCATION

*Untina M. V.* ..... *266*

SPIRITUAL AND MORAL VALUES IN THE STRUCTURE OF A HUMANISTIC WORLDVIEW

*Khablieva S. R.* ..... *273*

METHODOLOGICAL TECHNIQUES FOR DEVELOPING DIGITAL LITERACY AMONG STUDENTS THROUGH EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

*Sharypova N. V., Milovanova L. A., Voronkova V. Yu.* ..... *278*

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL OF TUTOR SUPPORT METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF SCHOOLCHILDREN'S COGNITIVE INTERESTS IN THE STUDY OF BIOLOGY

*Shaufler D. M.* ..... *284*

MOTIVATIONAL CRITERION FOR THE SUCCESS OF UNIVERSITY EDUCATION OF FOREIGN CITIZENS: DIAGNOSTICS AND DYNAMICS

*Shimkovich E. D.* ..... *294*

METROLOGY IN A MODERN UNIVERSITY: FROM THE THEORY OF ACCURACY TO THE ACCURACY OF PERSONNEL TRAINING

*Schneider E. M.* ..... *300*

PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS USING A FOREIGN LANGUAGE AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN MEDICAL EDUCATION

*Scherbatykh L. N., Scherbatykh S. V., Schuchka T. A., Gnezdilova N. A.* ..... *306*

STRUCTURAL AND CONTENT MODEL OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF PARTICIPANTS IN STUDENT LABOUR BRIGADES: INVARIANT AND VARIABLE COMPONENTS

*Yakupov Sh. N., Zakieva R. R.* ..... *315*

***REVIEW***

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: DIDACTIC POTENTIAL, RISK ZONES, AND PROSPECTS FOR INTEGRATION INTO THE TEACHER – STUDENT INTERACTION SYSTEM

*Golyaev S. S., Golyaeva N. V.* ..... *323*

***Pedagogical sciences (5.8.6)***

***ARTICLE***

THE IMPACT OF ATHLETIC GYMNASTICS CLASSES WITH A HEALTH-IMPROVING ORIENTATION ON STUDENTS OF THE UNIVERSITY TECHNOLOGICAL COLLEGE

*Bodyukov E. V., Sorokina L. A., Rybakov V. N., Musatova E. G., Klimova E. N.* ..... *330*

СТАТЬИ

УДК 621.791.4
DOI

CC BY 4.0

# ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АППРОКСИМАЦИИ И ИНТЕРПОЛЯЦИИ КИНЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТАКТА В КОНТАКТЕ МЕДЬ МБ – КОРУНД ПРИ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

**Абрамов В. В. ORCID ID 0000-0001-5959-7129,**
**Жеглова Ю. Г. ORCID ID 0000-0001-8121-8535,**
**Пятков Д. А. ORCID ID 0009-0007-0801-3243**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Российская Федерация, e-mail: valabramov@rambler.ru*

В работе приведено описание программного модуля для оценки технологических параметров совмещенного процесса получения высокочистых металлических поверхностей и неразъемного прецизионного соединения кристаллических материалов с различными физико-механическими свойствами при сварке давлением с нагревом. Задача контактного взаимодействия является основополагающей при изучении механо-физико-химических процессов, возникающих в кристаллических материалах при термодеформационном воздействии. В работе рассматривается мезоподход (изучение материалов на уровне зерна), позволяющий соединить макро- и микроподходы. На основе проведенного анализа прямых экспериментальных данных площади контакта, на примере контакта меди марки МБ и синтетического монокристаллического корунда (сапфира) при термодеформационном воздействии, установлены кинетические зависимости, положенные в основу разрабатываемого программного приложения, позволяющего прогнозировать технологические параметры совмещенного процесса получения высокочистой металлической поверхности или неразъемного соединения (сварка) в широком диапазоне температур и давлений. Программный модуль позволит оценивать влияние температуры, номинального давления и времени на кинетику образования контакта с целью подбора оптимального уровня термодеформационного воздействия для соответствующего процесса, что позволит избежать проведения дорогого и трудозатратного эксперимента и увеличить надежность получаемого соединения без изменения физико-механических свойств материалов.

**Ключевые слова: сварка давлением с нагревом, высокочистая металлическая поверхность, кинетические кривые образования контакта, микровыступ, медь марки МБ, корунд, корреляционно-регрессионный анализ, Streamlit**

# A SOFTWARE MODULE FOR APPROXIMATING AND INTERPOLATING KINETIC CURVES OF CONTACT FORMATION IN A COPPER-MB-CORUNDUM CONTACT UNDER THERMAL STRAIN EFFECT

**Abramov V. V. ORCID ID 0000-0001-5959-7129,**
**Zheglova Yu. G. ORCID ID 0000-0001-8121-8535,**
**Pyatkov D. A. ORCID ID 0009-0007-0801-3243**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Moscow State University of Civil Engineering", Moscow, Russian Federation, e-mail: valabramov@rambler.ru*

This paper describes a software module for evaluating the process parameters of a combined process for producing high-purity metal surfaces and permanent precision joints of crystalline materials with different physical and mechanical properties using pressure welding with heat. The problem of contact interaction is fundamental in studying the mechano-physical-chemical processes that occur in crystalline materials under thermal strain. The paper considers a meso-approach (studying materials at the grain level), which allows for combining macro- and micro-approaches. Based on an analysis of direct experimental data on the contact area, using the example of contact between MB copper and synthetic single-crystal corundum (sapphire) under thermal strain, kinetic relationships were established, forming the basis for the software application being developed. This application enables predicting the process parameters of a combined process for producing high-purity metal surfaces or permanent joints (welding) over a wide range of temperatures and pressures. The software module will evaluate the influence of temperature, nominal pressure, and time on the kinetics of contact formation in order to select the optimal level of thermal strain for the respective process. This will avoid expensive and time-consuming experiments and increase the reliability of the resulting joint without changing the physical and mechanical properties of the materials.

**Keywords: pressure welding with heat, high-purity metal surface, kinetic curves of contact formation, microprotrusion, MB copper, corundum, correlation and regression analysis, Streamlit**

## Введение

Получение высокочистых металлических поверхностей и неразъемных соединений (без инородных включений с контролируемыми механическими свойствами) с неорганическими диэлектриками и полупроводниковыми материалами необходимо для всех высокотехнологичных отраслей промышленности. Задача получения высокочистых металлических поверхностей является ключевой задачей микроэлектроники и приборостроения для обеспечения наилучшего контакта между элементами изделий, например при соединении типа металл (теплоотвод) – полупроводниковая пластина со сформированными в ней схемами. А получение надежных и работоспособных соединений является необходимым для такой отрасли, как приборостроение и машиностроение [1; 2; 3, с. 314–316]. Достижение соединений кристаллических материалов с разными физико-механическими и химическими свойствами без потери исходных свойств материалов возможно за счет применения сварки давлением с нагревом [4].

Контактное взаимодействие разнородных кристаллических материалов при термодеформационном воздействии относится к классу твердофазных топохимических реакций, особенностью которых является стадийность. На первой стадии между поверхностями формируется действительный контакт, при определенном уровне термодеформационного воздействия переходящий в физический, затем происходит активация поверхностей и образование прочных межатомных связей, после чего взаимодействие распространяется в объеме материала. Решающую роль при этом играет начальный этап, так как он определяется процессами пластической деформации микронеровностей поверхности, сформированных при механической обработке, и обеспечивает условия для протекания твердофазных топохимических реакций.

**Цель исследования** – разработка программного модуля, позволяющего оценивать уровень термодеформационного воздействия на соединяемые материалы при ведении совмещенного процесса и его параметры при получении высокочистой металлической поверхности или сварного прецизионного соединения.

## Материалы и методы исследования

В основу программного модуля были положены прямые экспериментальные данные, полученные для контактной пары медь-корунд (медь и корунд широко применяются как технологический и конструкционный материалы) в широком диапазоне температур (от 293 до 1173 К) и давлений от 5 до 80 МПа. Класс обработки исходной поверхности меди: высота микровыступов (шероховатость поверхности) $R_z$ = 40–80 мкм (3 класс обработки) и $R_z$ = 3,2–6,3–10 мкм (6–8 класс обработки). Испытуемые образцы меди марки МБ имели размеры: длина 25 мм и диаметр 12 мм. На исследуемой поверхности с помощью прибора ПМТ-3 отмечались фиксированные участки, с которых до и после нагружения снимались профилограммы с ВУ (вертикальное увеличение) от 1000 до 10000 крат, в отдельных случаях до 40000 крат, и ГУ (горизонтальное увеличение) от 200 до 800 крат и проводилась их обработка специальной компьютерной программой ИВК прибора профилографа-профилометра мод. 201, а также проводилась оптическая и электронно-микроскопическая фрактография фиксированных участков до и после нагружения. С контактных площадок и по сечению микровыступов снимались значения микротвердости до и после нагружения. Образцы меди подвергались предварительному отжигу при 650ºС с последующей обработкой в ортофосфорной кислоте. Размер микровыступа (шероховатость поверхности) соответствует размеру одного зерна металла. Затем полученные образцы в специальном приспособлении помещались в камеру установки А306.08 для диффузионной сварки, где проводилось нагружение. Глубина вакуума составляла $(1–5)\cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. В качестве ответного модельного сверхтвердого материала (твердость 9 ед. по шкале Мооса) был выбран синтетический монокристаллический корунд (сапфир) $\alpha$-$Al_2O_3$ 60º-й ориентации относительно оси роста (шероховатость полированной поверхности соответствовала 13–14 классу обработки) и соответствовала $R_z$ = 0,03–0,05 мкм, толщина дисков корунда составляла 3 или 6 мм. Для оценки площади действительного контакта применялась методика сравнительного анализа профилограмм фиксированного участка поверхности до и после нагружения [5; 6].

Всего в ходе исследования было выполнено более двух тысяч экспериментов, по результатам которых получены новые данные по кинетике формирования действительного контакта и изменения параметров поверхностного слоя. Все результаты экспериментов были оцифрованы и организованы в реляционную базу данных [7]. Схема смятия микровыступов в контакте и характер изменения контакта были рассмотрены ранее в работах [5; 6].

**Результаты исследования и их обсуждение**

В работе была произведена обработка прямых экспериментальных данных методами корреляционно-регрессионного анализа. В результате анализа было получено, что площадь образования контакта $S$, измеряемая в [%], рассчитывается по формуле

$$S = a + b\ln(t'), \qquad (1)$$

где

$$a = \overline{S} - b\overline{X}, \; b = \frac{\overline{SX} - \overline{S}\cdot\overline{X}}{\overline{(X)^2} - \left(\overline{X}\right)^2}, \; X = \ln(t')$$

$$t' = t / 10. \qquad (2)$$

В формуле (2) время контакта $t$ измеряется в секундах, в знаменателе присутствует константа 10 с – время начала образования контакта при непрерывном ведении процесса контактирования.

Однако есть исключения: для следующих уровней термодеформационного воздействия площадь контакта будет определяться по формуле (3):

− Шероховатость поверхности (3 класс обработки) – высота микровыступов $R_z$ = 40–80 мкм: при температурах $T$ = 773–973 К и номинальном давлении $\sigma_н$ = 40 МПа; и температурах $T$ = 473–673 К и номинальном давлении $\sigma_н$ = 80 МПа.

− Шероховатость поверхности (6–8 класс обработки) – высота микровыступов $R_z$ = 3,2–6,3–10 мкм: при температурах $T$ = 1073–1173 К и номинальном давлении $\sigma_н$ = 5 МПа; температуре 973 К и номинальном давлении $\sigma_н$ = 10 МПа; и при температурах $T$ = 973–1073 К и номинальном давлении $\sigma_н$ = 15 МПа.

$$S = a + bt', \qquad (3)$$

где $a$ и $b$ определялись в соответствии с формулами

$$a = \overline{S} - b\overline{t'},$$

$$b = \frac{\overline{St'} - \overline{S}\cdot\overline{t'}}{\overline{(t')^2} - \left(\overline{t'}\right)^2}, \qquad (4)$$

черта сверху обозначает среднее значение $t'$.

Линейная зависимость (3) подтверждает факт провала пластических свойств меди. Связан он с тем, что медь – высокопластичный металл, имеющий невысокую прочность [8; 9; 10, с. 69–72]. Полученные результаты согласуются с известными данными, что предел текучести меди находится в диапазоне от 40 до 80 МПа [11; 12, с. 168–173; 13, с. 10–13]. В связи с этим можно сделать вывод, что при номинальном давлении $\sigma_н$ = 40 МПа начиная с температуры 773 К начинается процесс текучести в приконтактном объеме микровыступа меди, то есть медь переходит в квазитвердое состояние [14; 15], что и подтверждают результаты проведенного корреляционно-регрессионного анализа, кинетическая зависимость образования контакта рассчитывается в соответствии с (3).

Для оценки полученных зависимостей (1) был рассчитан коэффициент детерминации $R^2_{SX}$, характеризующий долю дисперсии площади контакта, объясняемую полученной зависимостью:

$$R^2_{SX} = \frac{\left(\overline{SX} - \overline{S}\cdot\overline{X}\right)^2}{\left(\overline{(X)^2} - \left(\overline{X}\right)^2\right)\left(\overline{(S)^2} - \left(\overline{S}\right)^2\right)}. \qquad (5)$$

Для кинетических зависимостей $S(t')$, изменяющихся по линейному закону (3), также был рассчитан коэффициент детерминации $R^2_{St'}$:

$$R^2_{St'} = \frac{\left(\overline{St'} - \overline{S}\cdot\overline{t'}\right)^2}{\left(\overline{(t')^2} - \left(\overline{t'}\right)^2\right)\left(\overline{(S)^2} - \left(\overline{S}\right)^2\right)}. \qquad (6)$$

Значения коэффициентов детерминации $R^2_{SX}$ и $R^2_{St'}$ для всех полученных в работе зависимостей (1) и (3) превышают 0,9, что свидетельствует о высокой степени соответствия данных установленным зависимостям, и менее 10 % приходится на не учтенные в зависимостях (1) и (3) факторы, связанные с проведением эксперимента, например такие, как микрогеометрическая неоднородность поверхности микровыступа, инерционность системы нагружения установки и другие технические факторы.

Для оценки качества полученных зависимостей (1) и (3) была рассчитана средняя ошибка аппроксимации $\overline{A_S}$:

$$\overline{A_S} = \frac{1}{n}\sum\left|\frac{S - \hat{S}_{t'}}{S}\right|\cdot 100\%. \qquad (7)$$

Для всех установленных в работе зависимостей (1) и (3) средняя ошибка аппроксимации не превышает 6,6 %, что свидетельствует о хорошем подборе модели к исходным данным. В дальнейшем установленные в работе кинетические зависимости будут применяться на практике для определения

площади контакта между медью марки МБ и более твердым модельным материалом и будут положены в основу автоматизированной системы в качестве основных данных, на которых в дальнейшем будет проводиться машинное обучение.

Для прогнозирования технологических параметров совмещенного процесса получения высокочистой металлической поверхности с регулируемыми механическими свойствами (твердость) и прецизионного неразъемного соединения было разработано программное приложение с интерактивным пользовательским интерфейсом, позволяющее строить кинетические зависимости образования контакта во всем диапазоне температур и давлений, а не только для тех условий термодеформационного воздействия, для которых были проведены эксперименты и имеются прямые экспериментальные данные. Программное приложение позволит сократить затраты на проведение дорогостоящих экспериментов для оценки технологических параметров и уровня термодеформационного воздействия и оптимизации совмещенного технологического процесса выглаживания и сварки давлением с нагревом. Программное приложение может применяться в качестве рекомендательной системы.

В программной реализации на основе расчета коэффициента детерминации производится автоматический подбор типа аппроксимирующей зависимости кинетики образования контакта, строящейся по экспериментальным данным. Далее будем называть такую кинетическую кривую экспериментальной. Для каждой экспериментальной кривой выполняется регрессионный анализ с использованием установленных зависимостей (1) и (3), после чего выбирается зависимость, обеспечивающая наилучшее приближение экспериментальных данных. При построении интерполяционной кинетической кривой образования контакта, расположенной между двумя экспериментальными кривыми, реализован алгоритм интерполяции коэффициентов с применением линейно-логарифмической модели, позволяющий определять промежуточные значения на основе ближайших известных экспериментальных значений. Приложение позволяет строить кинетические кривые образования контакта во всем диапазоне температур от комнатной до предплавильной при фиксированном номинальном давлении или во всем диапазоне давлений от допороговых и запороговых значений при фиксированной температуре. Для построения интерполяционных кривых используется линейно-логарифмическая зависимость, она позволяет строить кривые плавно, без резких скачков, что необходимо для построения кинетических кривых образования контакта в переходных зонах, там, где у меди меняется сам механизм схватывания поверхностей и начинается стадия пластической деформации микровыступов (соседние экспериментальные кривые подчиняются (1) и (3), или наоборот).

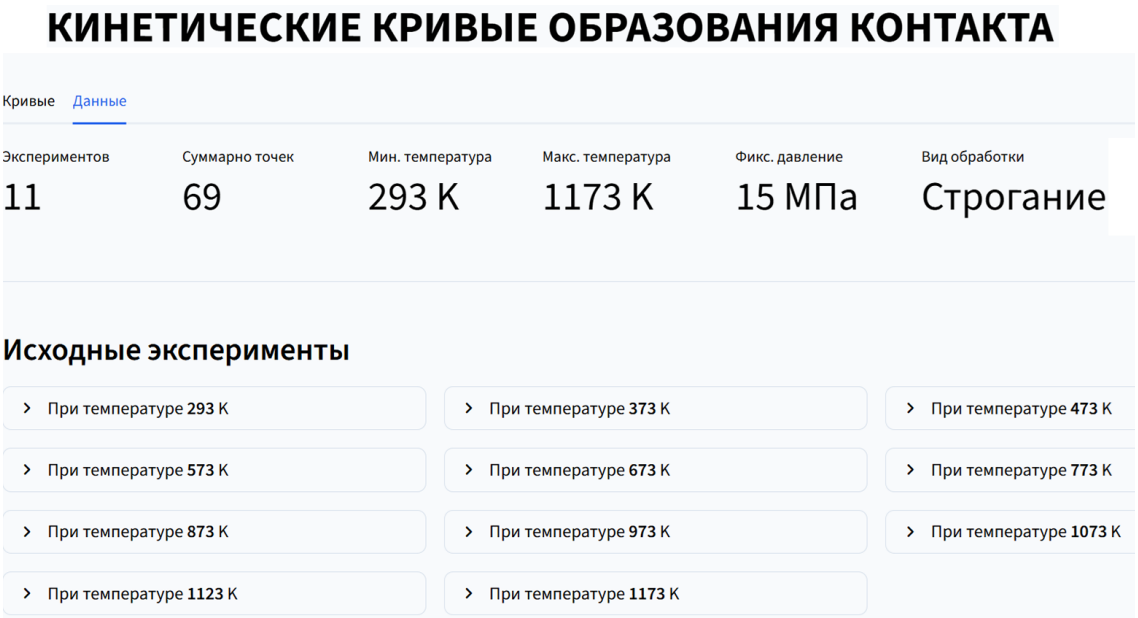



*Рис. 1. Исходные данные для расчетов*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

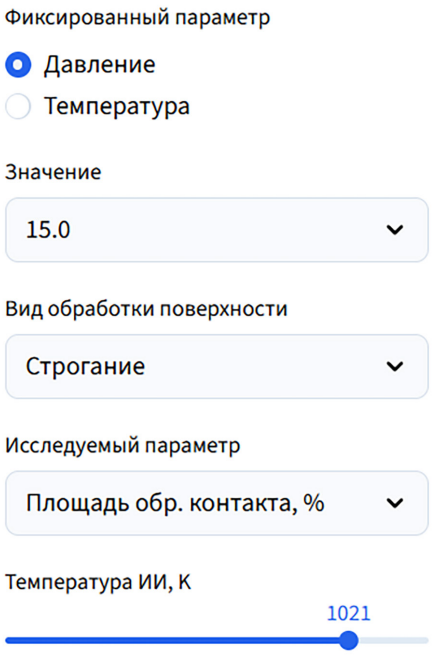



*Рис. 2. Панель задания параметров построения кривых*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

При разработке программного приложения был использован фреймворк Streamlit, отвечающий за визуальную часть. Это надстройка для Python, которая позволяет собирать интерактивные веб-приложения в обход классического фронтенда, что не требует написания отдельной логики для кнопок и полей ввода. С помощью этого инструмента была разработана рабочая оболочка: ввод исходных данных, вывод графиков и таблиц, добавление ползунков для управления параметрами расчета. В разработанном приложении Streamlit берет на себя все взаимодействие с пользователем – от ввода пользователем значений до мгновенного перестроения кинетических кривых, как только меняются входные значения.

В приложении загрузка экспериментальных данных осуществляется из централизованной базы данных [7] (рис. 1).

Фильтрация данных по заданному давлению и характеристикам поверхности представлена на рис. 2.

Программная реализация позволяет выводить коэффициенты *a* и *b* для экспериментальных кинетических кривых (зависимости (1) и (3)) (рис. 3).

Построение интерполяционной кинетической кривой образования контакта, расположенной между двумя экспериментальными кривыми, и ее описание представлены на рис. 4.

## Аппроксимация известных кривых

| Температура | Тип модели | $R^2$ | a | b | Уравнение |
|---|---|---|---|---|---|
| 293 K | Логарифмическая | 0.993 | 7.6509 | 2.1732 | S(t') = 7.651 + 2.173 ln(t') |
| 373 K | Логарифмическая | 0.9878 | 10.586 | 2.0281 | S(t') = 10.586 + 2.028 ln(t') |
| 473 K | Логарифмическая | 0.9822 | 12.79 | 2.5773 | S(t') = 12.790 + 2.577 ln(t') |
| 573 K | Логарифмическая | 0.9941 | 14.0499 | 3.0176 | S(t') = 14.050 + 3.018 ln(t') |
| 673 K | Логарифмическая | 0.9888 | 14.92 | 5.0114 | S(t') = 14.920 + 5.011 ln(t') |
| 773 K | Логарифмическая | 0.9808 | 16.3225 | 5.8393 | S(t') = 16.322 + 5.839 ln(t') |
| 873 K | Логарифмическая | 0.9828 | 19.9865 | 6.2823 | S(t') = 19.986 + 6.282 ln(t') |
| 973 K | Логарифмическая | 0.9891 | 25.4407 | 8.9319 | S(t') = 25.441 + 8.932 ln(t') |
| 1073 K | Линейная | 0.9329 | 48.3996 | 0.3044 | S(t') = 48.400 + 0.304 t' |
| 1123 K | Линейная | 0.9852 | 48.7044 | 0.5589 | S(t') = 48.704 + 0.559 t' |
| 1173 K | Линейная | 0.9785 | 54.6466 | 0.9626 | S(t') = 54.647 + 0.963 t' |

*Рис. 3. Коэффициенты уравнений для исходных кривых*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

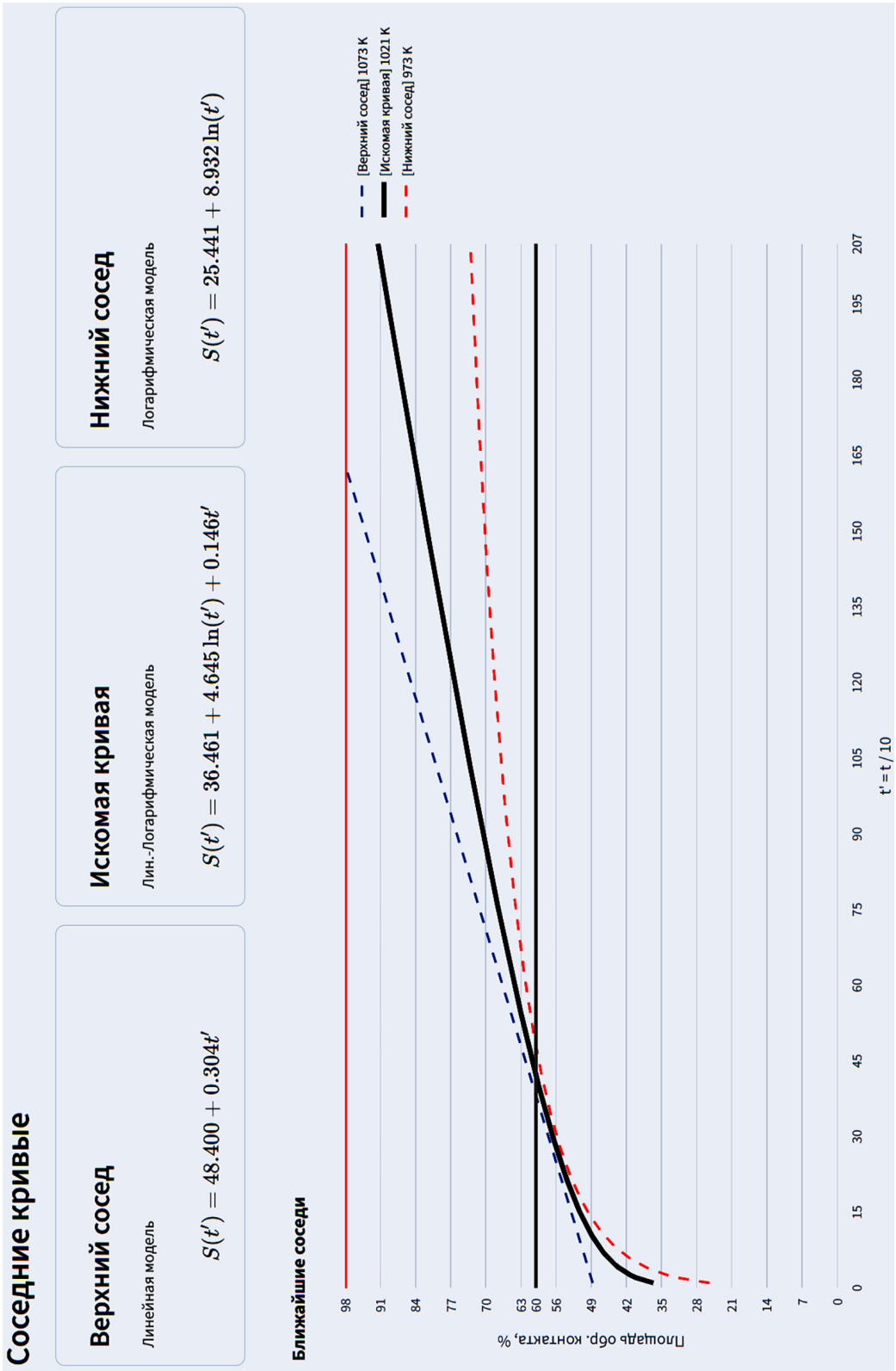



*Рис. 4. Интерполяция коэффициентов уравнения*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

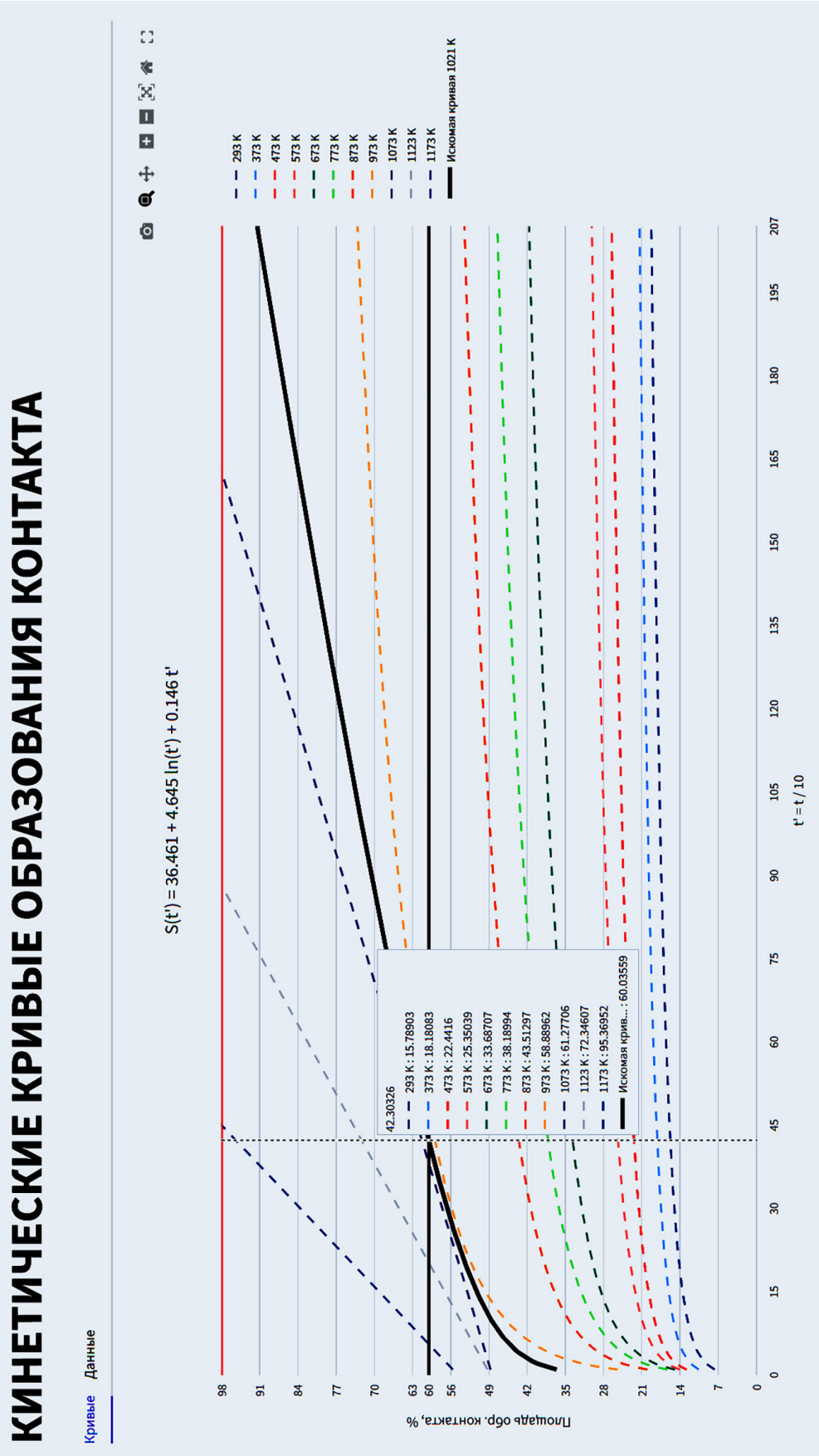



*Рис. 5. Интерактивный интерфейс для визуализации кинетических кривых образования контакта*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Интерактивное отображение экспериментальных кривых (пунктирная линия) и интерполяционной кривой (сплошная линия), с возможностью установки фиксированного давления и изменения температуры на всем диапазоне (рис. 5). Чертой на рисунке указана граница раздела площади контакта *S*, соответствующая 60 %, после достижения которой контакт из действительного (выглаживание) переходит в физический (прецизионное неразъемное соединение). Таким образом, у пользователя есть возможность управлять совмещенным процессом получения высокочистой металлической поверхности или прецизионного неразъемного соединения, подбирая оптимальный уровень термодеформационного воздействия.

Пользовательский интерфейс приложения обеспечивает возможность выбора высоты микровыступов $R_z$ (способа обработки поверхности), а также установки произвольного значения температуры *T* в пределах широкого диапазона от 293 до 1173 К, при выбранном значении номинального давления $\sigma_н$ (рис. 5), или установки произвольного номинального давления $\sigma_н$ в диапазоне от 5 до 80 МПа при фиксированном значении температуры *T*. Реализована визуализация исходных экспериментальных данных, отображение экспериментальных кинетических кривых и интерполяционной кривой, а также вывод рассчитанных коэффициентов и полученных зависимостей.

## Заключение

На основе проведенного корреляционно-регрессионного анализа прямых экспериментальных данных площади контакта по времени между медью марки МБ с более твердым модельным материалом (синтетический монокристалл корунда) в работе были установлены математические зависимости, описывающие кинетику образования контакта.

Предложен метод интерполяции коэффициентов, обеспечивающий построение интерполяционных кинетических кривых, расположенных между кривыми, полученными на основании анализа экспериментальных данных. Обосновано применение линейно-логарифмической модели для построения интерполяционных кинетических кривых, позволяющей обеспечить непрерывность и корректность описания процесса при построении интерполяционных кривых в области, где происходит смена режимов (соседние экспериментальные кривые разных видов, нелинейная и линейная, и наоборот).

Разработано программное приложение с интерактивным пользовательским интерфейсом, обеспечивающее обработку экспериментальных данных, получение аналитических выражений экспериментальных и интерполяционных кривых и визуализацию результатов.

В дальнейшем применение разработанного программного продукта на практике позволит повысить точность прогнозирования контактного взаимодействия материалов (меди марки МБ с более твердым материалом), сократить время на обработку экспериментальных данных и затраты на проведение дорогостоящих экспериментов. Применение данного продукта позволит оценивать технологические параметры при проведении совмещенного процесса получения высокочистых металлических поверхностей и прецизионных неразъемных соединений.

## Список литературы

1. Глушко С. П. Аналитическое моделирование теплового источника при наплавке стальной втулки центробежным методом с использованием осесимметричной электрической дуги // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2025. Т. 25. № 2. С. 83–90. DOI: 10.23947/2687-1653-2025-25-2-83-90.

2. Полетаев Ю. В., Щепкин В. В. Преимущества сварки трением штуцеров с конической контактирующей формой малого диаметра // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2023. Т. 23. № 4. С. 376–386. DOI: 10.23947/2687-1653-2023-23-4-376-386.

3. Лысак В. И., Кузьмин С. В. Сварка взрывом. М.: Машиностроение-1, 2005. 544 с. ISBN 5-94275-220-6.

4. Чудин В. Н., Круглов А. А. Сварка давлением патрубков при локальном нагреве // Сварочное производство. 2016. № 9. С. 20–23. URL: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-svar/2016/9-734689&ysclid=mtwxotc4pg281260203 (дата обращения: 06.08.2026).

5. Абрамов В. В. Оценка формоизменения микровыступов и развития контакта между разнородными кристаллическими материалами при термодеформационном воздействии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 2. С. 502–517. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-formoizmeneniya-mikrovystupov-i-razvitiya-kontakta-mezhdu-raznorodnymi-kristallicheskimi-materialami-pri?ysclid=mtwxrdsl62683215765 (дата обращения: 06.08.2026).

6. Абрамов В. В., Ракунов Ю. П., Жеглова Ю. Г. Роль микронапряжений второго рода в механо-физико-химических процессах схватывания разнородных кристаллических материалов при термодеформационном воздействии // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2025. № 5. С. 63–78. DOI: 10.14489/hb.2025.04.pp.063-078.

7. Абрамов В. В., Жеглова Ю. Г., Пятков Д. А. Кинетические параметры и физико-механические характеристики микровыступов меди марки МБ в контакте разнородных кристаллических материалов при термодеформационном воздействии: база данных № 2026620263, Российская Федерация. Заявл. 29.12.2025; опубл. 20.01.2026.

8. Лежнев С. Н., Волокитина И. Е., Панин Е. А., Волокитин А. В. Эволюция микроструктуры и механических свойств меди при реализации совмещенного процесса «прокатка – РКУ-прессование» // Физика металлов и металловедение. 2020. Т. 121. № 7. С. 757–762. DOI: 10.31857/S0015323020070050.

9. Агапчева М. В., Солодимова Г. А. Исследование водородной хрупкости бескислородной меди для изделий электронной техники // Студенческий научный форум 2025: материалы XVII Международной студенческой научной конференции. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://scienceforum.ru/2025/article/2018038361 (дата обращения: 11.09.2026).

10. Бобылев А. В. Механические и технологические свойства металлов: справочник. М.: Металлургия, 1980. 296 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rgub.ru/searchopac/book.php?id=RGUB%5CBIBL%5C0000691069 (дата обращения: 06.08.2026).

11. Куликов А. Д., Петров П. А., Деметрашвили И. С., Бурлаков И. А., Хань Тоан Нгуен. Эволюция микроструктуры меди М1 при пластической деформации // Технология легких сплавов. 2024. № 4. С. 38–44. DOI: 10.24412/0321-4664-2024-4-38-44.

12. Алехин В. П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов. М.: Наука, 1983. 280 с.

13. Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов: в 2 т. Т. 1 / под ред. В. Е. Панина. Новосибирск: Наука, 1995. 298 с. [Электронный ресурс]. URL: https://scs.math.msu.ru/ru/taxonomy/term/30?page=1 (дата обращения: 23.08.2026).

14. Abramov V. V., Zheglova Yu. G. Kinetics of contact formation between dissimilar crystalline materials during the period of active strain of the first stage of a solid-phase topochemical reaction // Construction Materials and Products. 2025. Vol. 8. Is. 6. Art. 7. DOI: 10.58224/2618-7183-2025-8-6-7.

15. Abramov V. V., Rakunov Yu. P. Consider temperature and pressure dependences of the contact area // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 535. Art. 01009. DOI: 10.1051/e3sconf/202453501009.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.932.2:004.8
DOI

CC BY 4.0

# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ТАМОЖЕННОГО ДОСМОТРА

**[1]Безуглов Д. А. ORCID ID 0000-0001-9991-4707,**
**[2, 3]Шевчук П. С. ORCID ID 0000-0001-5799-4403**

*[1]Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Российская таможенная академия», Ростовский филиал, Ростов-на-Дону, Российская Федерация, e-mail: bezuglovda@mail.ru;*
*[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация;*
*[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

Инспекционно-досмотровые комплексы бесконтактного неразрушающего контроля крупногабаритных объектов с использованием рентгеновского излучения применяются для обнаружения незаконных скрытых вложений (наркотических средств, взрывчатых веществ, оружия, боеприпасов и др.) на таможенных, полицейских и иных пунктах пропуска и контроля. В статье рассматривается автоматизированное распознавание запрещенных к перемещению предметов на рентгеновских изображениях инспекционно-досмотровых комплексов. Цель исследования – предложить и обосновать нейросетевую модель детекции запрещенных предметов на снимках и архитектуру информационной системы вокруг нее. Проанализированы свойства таможенных снимков, осложняющие распознавание: двухэнергетическое псевдоцветовое представление, суммирование интенсивностей при просвечивании и связанное с ним перекрытие объектов, а также дисбаланс классов; охарактеризованы эталонные наборы GDXray, SIXray, OPIXray и PIDray. Предложена композитная модель, в которой экстрактор признаков с остаточными связями дополнен модулем деокклюзионного внимания, объединяющим канальное и пространственное внимание; для поддержки решения оператора инспекционно-досмотрового комплекса применяется визуализация значимых областей методом Grad-CAM. На модельном наборе из 24 000 изображений (шесть классов, воспроизведение аппаратных шумов инспекционно-досмотровых комплексов; усреднение по пяти запускам) предложенная модель обеспечила mAP@0,5 = 0,921 ± 0,004 и mAP@[0,5:0,95] = 0,642 ± 0,006, превзойдя базовые архитектуры; прирост статистически значим (парный бутстреп-критерий, $p < 0,05$). Результаты применимы при развитии интеллектуальных технологий таможенного контроля в рамках реализации Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 г.

**Ключевые слова: автоматический анализ рентгеновских снимков, нейросетевая детекция, инспекционно-досмотровый комплекс, таможенный досмотр, перекрытие объектов, интерпретируемость, контроль целостности изображений**

# NEURAL NETWORK MODELS FOR X-RAY IMAGE RECOGNITION IN CUSTOMS INSPECTION TASKS

**[1]Bezuglov D. A. ORCID ID 0000-0001-9991-4707,**
**[2, 3]Shevchuk P. S. ORCID ID 0000-0001-5799-4403**

*[1]State-Owned Educational Institution of Higher Education "Russian Customs Academy", Rostov Branch, Rostov-on-Don, Russian Federation, e-mail: bezuglovda@mail.ru;*
*[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russian Federation;*
*[3]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Rostov State Transport University", Rostov-on-Don, Russian Federation*

Inspection and screening complexes for non-contact non-destructive testing of large-scale objects using X-ray radiation are used to detect illegal hidden items (narcotic substances, explosives, weapons, ammunition, etc.) at customs, police and other checkpoints and control points. The article examines the automated recognition of items prohibited from being moved on X-ray images produced by inspection and screening complexes. The aim of the study is to propose and substantiate a neural network model for detecting prohibited items in images and the architecture of an information system built around it. The properties of customs images that complicate recognition have been analyzed: two-energy pseudo-color representation, summation of intensities during X-ray inspection and the associated overlap of objects, as well as class imbalance; the reference sets GDXray, SIXray, OPIXray and PIDray have been characterized. A composite model has been proposed, in which a feature extractor with residual connections is supplemented by a de-occlusion attention module that combines channel and spatial attention; to support the decision-making of the operator of the inspection and screening complex, visualization of significant areas using the Grad-CAM method is applied. On a model dataset of 24,000 images (six classes, reproduction of hardware noise from inspection and screening systems; averaging over five runs), the proposed model achieved mAP@0.5 = 0.921 ± 0.004 and mAP@[0.5:0.95] = 0.642 ± 0.006, surpassing the baseline architectures; the improvement is statistically significant (paired bootstrap test, $p < 0.05$). The results are applicable in the development of intelligent customs control technologies within the framework of implementing the Strategy for the Development of the Customs Service of the Russian Federation until 2030.

**Keywords: automatic X-ray image analysis, neural-network detection, inspection and screening system, customs inspection, object occlusion, interpretability, image integrity control**

## Введение

Таможенный досмотр является одной из наиболее трудоемких форм таможенного контроля, предусмотренных ст. 328 Таможенного кодекса Евразийского экономического союза (ТК ЕАЭС) [1]. Для контроля содержимого грузовых помещений и упаковки без их вскрытия применяют инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК): при просвечивании объекта ионизирующим излучением формируется теневое изображение, на котором материалы с высоким эффективным атомным номером и высокой плотностью отображаются иначе, чем легкие органические. Автоматизированный анализ такого изображения переносит часть типовых операций оценки с оператора в программный контур, тогда как юридически значимое решение остается за должностным лицом таможенного органа.

Инспекционно-досмотровые комплексы бесконтактного неразрушающего контроля крупногабаритных объектов с использованием рентгеновского излучения применяются для обнаружения незаконных скрытых вложений (например, наркотических средств, взрывчатых веществ, оружия, боеприпасов и др.) на таможенных, полицейских и иных пунктах пропуска и контроля [2–4]. Разработке методов обработки изображений ИДК посвящен значительный объем современных исследований [3, 5], что подтверждает актуальность настоящей работы.

На таможенной границе Российской Федерации эксплуатируются десятки стационарных и мобильных ИДК, однако анализ полученных снимков по-прежнему выполняется преимущественно оператором вручную. Ручной анализ имеет два ограничения. Во-первых, пропускная способность ограничена возможностями оператора. Во-вторых, качество решения зависит от квалификации, утомляемости и внимания конкретного специалиста. Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 г. [6] предусматривает создание интеллектуальных пунктов пропуска и потоковое (портальное) сканирование, при котором транспортные средства перемещаются под сканирующей рамкой сплошным потоком. Такой режим требует автоматического анализа снимков. В связи с этим ФТС России ведет разработку сервиса машинного анализа рентгеноскопических изображений ИДК [7].

**Цель исследования** – предложить и обосновать нейросетевую модель детекции запрещенных предметов на снимках ИДК и архитектуру информационной системы вокруг нее.

## Материалы и методы исследования

При работе ИДК объект просвечивается рентгеновским или гамма-излучением, а детекторная линейка регистрирует прошедший (ослабленный) поток. Ослабление описывается законом Бугера – Ламберта – Бера: интенсивность прошедшего излучения зависит от энергии фотонов, плотности и эффективного атомного номера материала вдоль луча [8, 9]. Сопоставление ослабления на двух энергиях (двухэнергетический режим) позволяет оценить эффективный атомный номер и разделять органические и неорганические материалы; полученная оценка кодируется псевдоцветом. По принятой в отрасли конвенции органические вещества (к которым относятся многие взрывчатые и наркотические) отображаются в оранжево-желтой гамме, металлы – в синей, промежуточные материалы – в зеленой. Таким образом, псевдоцвет несет материаловедческую, а не декоративную информацию и должен учитываться при распознавании.

В дальнейшем изложении разграничиваются аппаратный детектор (детекторная линейка ИДК, регистрирующая излучение) и нейросетевой детектор объектов (программная модель, выполняющая обнаружение и классификацию предметов на сформированном изображении).

Формально задача сводится к детекции – совместному обнаружению и классификации объектов интереса: огнестрельного оружия, боеприпасов, ножей, инструментов, а также вложений с признаками опасных веществ. Особенностью таможенного применения является асимметрия цены ошибки: пропуск угрозы (ложноотрицательное решение) недопустим, тогда как ложное срабатывание приводит к дополнительному физическому досмотру. Поэтому рабочую точку модели (сочетание порогов уверенности и подавления, при котором принимается решение об обнаружении) смещают в сторону высокой полноты (recall), а не максимальной точности (precision); при этом скорость обработки должна соответствовать темпу потокового сканирования.

Рентгеновский снимок ИДК представляет собой проекцию: излучение проходит объект насквозь, и вклады всех вложений вдоль луча суммируются. Основную трудность создает перекрытие: запрещенный предмет нередко проецируется поверх другого груза и виден частично, а его контур и материаловедческие признаки искажаются наложением. Дополнительными факторами являются произвольные ориентация, масштаб и ракурс предметов, а также большой и переменный размер кадра.

**Таблица 1**

Общедоступные наборы данных рентгеновских изображений для детекции запрещенных предметов

| Набор данных | Год | Изображений | Классов | Особенность | Источник |
|---|---|---|---|---|---|
| GDXray | 2015 | ≈ 8,2 тыс. (серия «багаж») | – | Базовые серии рентгенограмм неразрушающего контроля, включая багаж | [8] |
| SIXray | 2019 | 1 059 231 | 6 | Сильный дисбаланс (≈ 0,84 % кадров с предметами), перекрытия | [10] |
| OPIXray | 2020 | 8885 | 5 | Преимущественно режущие предметы; три уровня перекрытия | [11] |
| PIDray | 2021 | 47 677 | 12 | Разные сценарии; разметка рамками и масками | [12] |

Примечание: составлена авторами на основе источников [8, 10–12].

Совокупность этих факторов ограничивает применимость детекторов, разработанных для изображений видимого диапазона. Кроме того, потоки данных существенно несбалансированы: доля кадров с запрещенными вложениями составляет доли процента.

Развитие нейросетевых методов в данной области опирается на общедоступные эталонные наборы, характеристики которых приведены в табл. 1. Набор SIXray [10] содержит 1 059 231 изображение, при этом доля изображений, содержащих запрещенные предметы, составляет около 0,84 % (≈ 8,9 тыс. кадров), что воспроизводит реальный классовый дисбаланс. Набор OPIXray [11] ориентирован на исследование перекрытий: он содержит преимущественно режущие предметы (ножи различных типов) и размечен по трем уровням наложения. Набор PIDray охватывает различные сценарии и содержит как ограничивающие рамки, так и сегментные маски объектов; набор представлен в 2021 г., а его развернутое описание опубликовано в 2023 г. [12]. Перечисленные наборы задают общую систему координат для сравнения моделей, однако все они получены на зарубежной аппаратуре и не отражают в полной мере шумовые и геометрические характеристики конкретных российских ИДК.

Современное распознавание образов основано на сверточных нейронных сетях, которые в 2012 г. существенно превзошли классические методы классификации изображений [13]; теоретические основы глубокого обучения обобщены в [14]. Экстракцию признаков в актуальных моделях выполняют глубокие сети с остаточными связями (ResNet) [15] и масштабируемые архитектуры EfficientNet [16]: остаточные связи обеспечивают устойчивое обучение сетей большой глубины и формирование иерархии признаков – от границ и текстур до целостных объектов.

Нейросетевые детекторы объектов принято делить на два семейства. Двухэтапные детекторы (канонический представитель – Faster R-CNN [17]) сначала формируют области-кандидаты, а затем классифицируют их и уточняют рамки, обеспечивая высокую точность локализации при большей вычислительной стоимости. Одноэтапные детекторы (YOLO [18], RetinaNet с фокальной функцией потерь, снижающей дисбаланс между объектами и фоном [19]) предсказывают результат за один проход и работают быстрее, что важно для потокового режима; к трансформерным детекторам относится DETR [20].

Для оценки детекции используются: precision (доля верных обнаружений среди всех обнаружений), recall (доля обнаруженных объектов среди всех целевых), IoU (отношение площади пересечения предсказанной и эталонной рамок к площади их объединения), AP (площадь под кривой «точность – полнота» для отдельного класса при заданном пороге IoU) и mAP (усреднение AP по классам). Показатель mAP@0,5 вычисляется при пороге IoU = 0,5; mAP@[0,5:0,95] – усреднение по порогам IoU от 0,5 до 0,95 с шагом 0,05 (протокол COCO).

Предлагаемая информационная система обработки и анализа рентгеновских изображений реализуется в соответствии со схемой на рис. 1. Изображение, формируемое ИДК в потоковом режиме, поступает в модуль предобработки, где выполняются суммирование интенсивностей, формирование псевдоцветового представления по эффективному атомному номеру и нормализация. Параллельно функционирует модуль информационной безопасности, обеспечи-

вающий контроль целостности поступающего изображения (проверку неизменности данных на основе криптографических хеш-функций) для исключения подмены или искажения снимка в тракте передачи. Экстрактор признаков на основе остаточной сверточной сети с модулем деокклюзионного внимания формирует иерархическое описание изображения, акцентируя признаки перекрытых объектов (рис. 2). Затем реализуется двухэтапная схема детекции: формирование областей-предложений с последующей классификацией, регрессией ограничивающих рамок и подавлением немаксимумов. Результатом являются локализованные и классифицированные запрещенные предметы, передаваемые оператору как рекомендация для принятия решения о физическом досмотре. Для обоснования рекомендаций применяется визуализация значимых областей методом Grad-CAM [21], формирующая тепловую карту вклада участков изображения в решение модели. Контур обратной связи возвращает подтвержденные результаты досмотра в систему для периодического дообучения моделей.

Модуль деокклюзионного внимания объединяет канальное и пространственное внимание и развивает подход, предложенный для набора OPIXray [11]: он усиливает признаки частично перекрытых предметов и подавляет фоновые наложения, повышая устойчивость детекции в условиях суммирования интенсивностей. Общая архитектура модели приведена на рис. 2.

Модельный набор данных и протокол эксперимента. Ввиду ограниченного доступа к реальным снимкам ИДК, отнесенным к информации ограниченного распространения, для оценки использован модельный (синтетический) набор данных, воспроизводящий структуру и статистические свойства эталонных наборов. Набор содержит 24 000 изображений шести классов запрещенных предметов (пистолет, нож, гаечный ключ, плоскогубцы, ножницы, молоток) и разделен на обучающую, валидационную и тестовую выборки в отношении 70/15/15 (16 800 / 3600 / 3600 изображений).

Изображения формировались наложением проекций объектов интереса на фоновые сцены грузов с моделированием суммирования интенсивностей по закону ослабления и псевдоцветового кодирования; воспроизведены характерный классовый дисбаланс и три уровня перекрытия. Для приближения к натурным условиям внесены аппаратные искажения, типичные для ИДК: дрейф нуля детекторов, неоднородность их чувствительности, квантовый шум при низких экспозициях, артефакты реконструкции на границах плотных объектов и разброс параметров источника.

*Рис. 1. Схема информационной системы обработки и анализа рентгеновских изображений ИДК*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

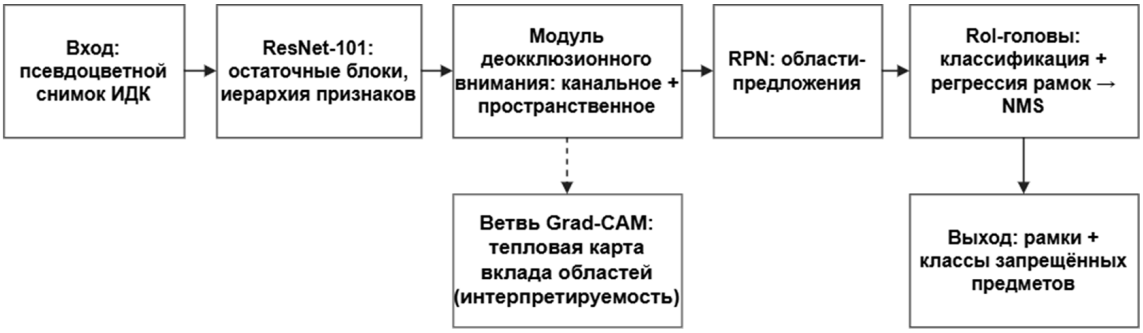



*Рис. 2. Архитектура нейросетевой модели детекции с деокклюзионным вниманием*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Обучение выполнялось в среде PyTorch с использованием библиотеки детекции на графическом процессоре NVIDIA Tesla V100 (32 ГБ), режим вычислений FP32. Экстрактор признаков (ResNet-101) инициализировался весами, предобученными на наборе ImageNet. Оптимизатор – SGD (начальная скорость обучения 0,02, момент 0,9, регуляризация $1 \cdot 10^{-4}$), размер батча 8, размер изображения 1333×800, 24 эпохи со ступенчатым снижением скорости обучения; применялись стандартные аугментации. Каждая конфигурация обучалась в пяти независимых запусках с различной инициализацией генератора случайных чисел; в таблицах приводятся средние значения и 95 %-ные доверительные интервалы (бутстреп по тестовой выборке). Статистическую значимость различий mAP оценивали парным бутстреп-критерием. С предложенной моделью сравнивались RetinaNet, YOLOv8, DETR и Faster R-CNN с экстрактором ResNet-101; все модели обучались с переносом предобученных весов на одинаковых выборках и в одинаковых условиях.

## Результаты исследования и их обсуждение

Результаты сравнения архитектур на тестовой выборке (3600 изображений) приведены в табл. 2. Время обработки измерено на NVIDIA Tesla V100, FP32, при размере батча 1 и размере изображения 1333×800, после прогрева (warm-up) и с синхронизацией CUDA; в него включены стадии пред- и постобработки.

Предлагаемая модель обеспечила наилучшие показатели качества (mAP@0,5 = 0,921 ± 0,004; mAP@[0,5:0,95] = 0,642 ± 0,006). Прирост относительно двухэтапного базиса Faster R-CNN составил +0,015 по mAP@0,5 и +0,029 по mAP@[0,5:0,95] и статистически значим по парному бутстреп-критерию ($p < 0,05$).

Для проверки того, что прирост обусловлен именно обработкой перекрытых объектов, проведены абляция модуля деокклюзионного внимания и стратификация качества по уровням перекрытия (табл. 3).

Из табл. 3 следует, что вклад модуля внимания возрастает с усилением перекрытия: при сильном наложении прирост достигает +0,043, тогда как в отсутствие перекрытия он составляет +0,007. Это подтверждает, что преимущество предложенной модели обусловлено обработкой перекрытых объектов, а не равномерным масштабированием качества по всем условиям.

Поклассовое качество предложенной модели приведено в табл. 4.

**Таблица 2**

Результаты детекции запрещенных предметов различными архитектурами

| Архитектура | mAP@0,5 | mAP@[0,5:0,95] | Время обработки, мс |
|---|---|---|---|
| RetinaNet | 0,871 ± 0,005 | 0,552 ± 0,006 | 18 |
| YOLOv8 | 0,884 ± 0,004 | 0,571 ± 0,006 | 9 |
| DETR | 0,892 ± 0,006 | 0,588 ± 0,007 | 42 |
| Faster R-CNN (ResNet-101) | 0,906 ± 0,004 | 0,613 ± 0,005 | 96 |
| Предлагаемая модель с деокклюзионным вниманием | 0,921 ± 0,004 | 0,642 ± 0,006 | 58 |

Примечание: составлена авторами по результатам вычислительного эксперимента (пять запусков; ± – границы 95 %-ного доверительного интервала).

**Таблица 3**

Абляция модуля внимания и качество (mAP@0,5) по уровням перекрытия

| Конфигурация | Без перекрытия | Частичное | Сильное | В среднем |
|---|---|---|---|---|
| Faster R-CNN (ResNet-101), без модуля внимания | 0,942 | 0,898 | 0,831 | 0,906 |
| Предлагаемая модель (+ деокклюзионное внимание) | 0,949 | 0,918 | 0,874 | 0,921 |
| Прирост (Δ mAP@0,5) | +0,007 | +0,020 | +0,043 | +0,015 |

Примечание: составлена авторами по результатам вычислительного эксперимента.

**Таблица 4**

Поклассовое качество предложенной модели (AP@0,5)

| Класс | AP@0,5 |
|---|---|
| Пистолет | 0,962 |
| Гаечный ключ | 0,948 |
| Плоскогубцы | 0,933 |
| Нож | 0,921 |
| Ножницы | 0,889 |
| Молоток | 0,873 |
| mAP@0,5 | 0,921 |

Примечание: составлена авторами по результатам вычислительного эксперимента.

Наибольшая точность достигается для компактных, контрастных по материалу объектов (огнестрельное оружие, металлический инструмент). Тонкие, легко перекрываемые предметы (ножницы) и недостаточно представленные классы (молоток) детектируются хуже, что согласуется с закономерностями, известными для эталонных наборов, и косвенно подтверждает адекватность модели.

Быстродействие предложенной модели составляет около 58 мс на кадр (≈ 17 кадров в секунду в указанных условиях). Для портального сканирования автомобилей, при котором кадры формируются по мере проезда, этого быстродействия достаточно. Для конвейерного досмотра багажа с высоким темпом ленты требуется более легкая одноэтапная модель или аппаратное ускорение вывода. Выбор архитектуры целесообразно привязывать к целевому сценарию, а не к максимальному значению mAP.

*Ограничения исследования.* Полученные оценки основаны на модельных данных, воспроизводящих характеристики ИДК, и не заменяют внешнюю валидацию. Перенос результатов с багажных эталонных наборов (SIXray, OPIXray, PIDray) на крупногабаритные таможенные ИДК ограничен различиями доменов по энергии излучения, геометрии съемки, размеру поля, типу груза, разрешению, псевдоцветовому кодированию и характеру шума. Поэтому практические рекомендации требуют последующей валидации на снимках отечественных ИДК.

## Выводы

1. Предложена композитная нейросетевая модель детекции запрещенных предметов на снимках ИДК, в которой экстрактор признаков с остаточными связями дополнен модулем деокклюзионного внимания, а архитектура системы включает модули предобработки, контроля целостности изображения и интерпретируемости (Grad-CAM).

2. На модельном наборе данных (24 000 изображений, шесть классов, воспроизведение аппаратных шумов ИДК; усреднение по пяти запускам) модель обеспечила mAP@0,5 = 0,921 ± 0,004 и mAP@[0,5:0,95] = 0,642 ± 0,006, статистически значимо превзойдя базовые архитектуры.

3. Абляция и стратификация по уровням перекрытия показали, что преимущество модели обусловлено обработкой перекрытых объектов: прирост качества возрастает с усилением наложения (до +0,043 по mAP@0,5 при сильном перекрытии).

4. Быстродействие (≈ 58 мс/кадр) достаточно для портального сканирования автомобилей; для высокоскоростного конвейерного досмотра требуется более легкая модель или аппаратное ускорение вывода.

5. Нейросетевая детекция способна поддержать разбор снимков ИДК в темпе потока в качестве средства поддержки, а не замены оператора; практическое внедрение определяется прежде всего наличием репрезентативных размеченных выборок под отечественную номенклатуру угроз и конкретные типы ИДК, защищенного контура дообучения и регламентов использования рекомендаций модели.

В работе рассмотрена задача нейросетевой детекции запрещенных предметов на рентгеновских изображениях таможенного досмотра. Проанализированы нормативные основания применения ИДК и осо-

бенности таможенных снимков, охарактеризованы общедоступные наборы данных и современные архитектуры детекции, предложены модель с деокклюзионным вниманием и архитектура системы вокруг нее. Вычислительный эксперимент на модельных данных подтвердил преимущество предложенного подхода по метрикам mAP@0,5 = 0,921 и mAP@[0,5:0,95] = 0,642 при приемлемом быстродействии; при этом результаты требуют внешней валидации на снимках отечественных ИДК. Дальнейшая работа предполагает три направления: распознавание материалов по многоэнергетическим (а не только двухэнергетическим) данным; интеграцию модели в архитектуру интеллектуального пункта пропуска с увязкой на систему управления рисками; разработку требований к устойчивости моделей к состязательным воздействиям. Результаты применимы при развитии интеллектуальных технологий таможенного контроля в рамках реализации Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 г.

## Список литературы


1. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза (приложение № 1 к Договору о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза от 11 апреля 2017 г.). Ст. 328 // Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс]. URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_tamoj_zak/tk_eaes.php (дата обращения: 15.07.2026).

2. Безуглов Д. А., Вербов В. Ф., Шевчук П. С. Инновационный инспекционно-досмотровый комплекс таможенных пунктов пропуска // Таможенное дело. 2024. № 4. С. 23–25. DOI: 10.18572/2071-1220-2024-4-23-25. EDN: ESSMOT.

3. Башлы П. Н., Безуглов Д. А., Вербов В. Ф. Инновационные технические решения в перспективных инспекционно-досмотровых комплексах интеллектуальных пунктов пропуска. Ростов-на-Дону: Foundation, 2023. 168 с. EDN: QYRNTB. ISBN 978-5-4376-0228-7.

4. Безуглов Д. А., Шевчук П. С. Повышение эффективности таможенного контроля в форме таможенного досмотра в отношении товаров, перемещаемых автомобильным видом транспорта // Таможенное дело. 2023. № 1. С. 2–5. DOI: 10.18572/2071-1220-2023-1-2-5. EDN: DYHUOM.

5. Безуглов Д. А., Мищенко М. С., Мищенко С. Е. Алгоритм подготовки данных обучения сверточных нейронных сетей для распознавания букв и символов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2025. № 3 (245). С. 134–144. DOI: 10.18522/2311-3103-2025-3-134-144. EDN: XXWOGO.

6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 мая 2020 № 1388-р «Об утверждении Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года» // Федеральная таможенная служба: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://customs.gov.ru/activity/programmy-razvitiya/strategiya-razvitiya-fts-rossii-do-2030-goda (дата обращения: 15.07.2026).

7. Интеллектуальный сервис автоматического анализа рентгеноскопических изображений, полученных с использованием инспекционно-досмотровых комплексов // Компания АСТ. [Электронный ресурс]. URL: https://old.acti.ru/klienty-i-proekty/intellektualnyj-servis-avtomaticheskogo-analiza-rentgenoskopicheskih-izobrazhenij (дата обращения: 15.07.2026).

8. Mery D., Riffo V., Zscherpel U., et al. GDXray: The Database of X-ray Images for Nondestructive Testing // Journal of Nondestructive Evaluation. 2015. Vol. 34. Is. 4. Art. 42. DOI: 10.1007/s10921-015-0315-7.

9. Mery D. Computer Vision for X-Ray Testing. Cham: Springer, 2015. 349 p. DOI: 10.1007/978-3-319-20747-6. ISBN 978-3-319-20746-9.

10. Miao C., Xie L., Wan F., et al. SIXray: A Large-scale Security Inspection X-ray Benchmark for Prohibited Item Discovery in Overlapping Images // Proc. IEEE/CVF Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. P. 2119–2128. DOI: 10.1109/CVPR.2019.00222.

11. Wei Y., Tao R., Wu Z. et al. Occluded Prohibited Items Detection: An X-ray Security Inspection Benchmark and De-occlusion Attention Module // Proc. 28th ACM Int. Conf. on Multimedia (MM ‘20). 2020. P. 138–146. DOI: 10.1145/3394171.3413828.

12. Zhang L., Jiang L., Ji R., Fan H. Correction: PIDray: A Large-Scale X-ray Benchmark for Real-World Prohibited Item Detection // International Journal of Computer Vision. 2024. Vol. 132. Is. 1. P. 284. DOI: 10.1007/s11263-023-01889-5.

13. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Advances in Neural Information Processing Systems. 2012. Vol. 25. P. 1097–1105. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf (дата обращения: 16.07.2026).

14. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. 800 p. ISBN 978-0-262-03561-3.

15. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 770–778. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.

16. Tan M., Le Q. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks // Proc. 36th Int. Conf. on Machine Learning (ICML). 2019. Vol. 97. P. 6105–6114. DOI: 10.48550/arxiv.1905.11946.

17. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017. Vol. 39. Is. 6. P. 1137–1149. DOI: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.

18. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 779–788. DOI: 10.1109/CVPR.2016.91.

19. Lin T.-Y., Goyal P., Girshick R., et al. Focal Loss for Dense Object Detection // Proc. IEEE Int. Conf. on Computer Vision (ICCV). 2017. P. 2980–2988. DOI: 10.1109/ICCV.2017.324.

20. Carion N., Massa F., Synnaeve G. et al. End-to-End Object Detection with Transformers // Proc. European Conf. on Computer Vision (ECCV). 2020. P. 213–229. DOI: 10.1007/978-3-030-58452-8_13.

21. Selvaraju R. R., Cogswell M., Das A., et al. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization // Proc. IEEE Int. Conf. on Computer Vision (ICCV). 2017. P. 618–626. DOI: 10.1109/ICCV.2017.74.


**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.056.52
DOI

CC BY 4.0

# МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЮДЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ КАНАЛА WI-FI: ПРИМЕНИМОСТЬ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

**Белкин Е. Н. ORCID ID 0009-0007-5848-5433**

*Акционерное общество «АЛГОНТ», Калуга, Российская Федерация, e-mail: belkinen@algont.ru*

Актуальность исследования обусловлена развитием безустройственных методов математической и программной обработки параметров радиоканала беспроводной локальной сети для распознавания человека и необходимостью оценить переносимость лабораторных результатов в контур физического доступа. Цель работы – определить применимость таких методов для проверки владельца бесконтактной идентификационной карты в шлюзовой кабине, архитектурном шлюзе и турникете со шлюзованием, а также для распознавания личности без предъявления идентификатора. Выполнен структурированный обзор рецензируемых публикаций и стандартов. Сопоставлялись источник радиопризнаков, постановка индивидуальной верификации и поиска по базе, размер выборки, разделение обучающих и проверочных данных, устойчивость к смене ракурса и радиосреды, одновременное присутствие нескольких людей и биометрические показатели ошибок. Установлено, что наивысшие опубликованные результаты относятся главным образом к закрытой классификации в контролируемой радиосреде и не подтверждают требуемые для самостоятельного решения о допуске вероятность ложного совпадения, межсессионную устойчивость и корректный отказ неизвестному лицу. Наиболее обоснованным направлением является дополнительная проверка владельца карты в изолированной зоне одиночного прохода. Для архитектурного шлюза и турникета применимость зависит от пространственной изоляции, стабильности траектории и синхронизации с механикой. Идентификация у обычной двери или турникета пока не имеет достаточной доказательной базы. Радиопризнаки целесообразно использовать как скрытый дополнительный фактор или основание для усиленной проверки, но не как единственный фактор допуска.

**Ключевые слова: радиобиометрическое распознавание, беспроводное зондирование, состояние радиоканала, обратная связь лучеформирования, машинное обучение, управление доступом, верификация личности, идентификация личности**

# HUMAN RECOGNITION METHODS BASED ON WI-FI CHANNEL PARAMETERS: APPLICABILITY TO ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

**Belkin E. N. ORCID ID 0009-0007-5848-5433**

*Joint Stock Company ALGONT, Kaluga, Russian Federation, e-mail: belkinen@algont.ru*

The relevance of the study is determined by the development of device-free mathematical and software methods for processing wireless local-area-network channel parameters for human recognition and by the need to assess whether laboratory results can be transferred to physical access control. The purpose is to determine the applicability of these methods to verifying the holder of a contactless identification card in a security portal cabin, an architectural interlock, and an interlocking turnstile, as well as to recognizing a person without presenting an identifier. A structured review of peer-reviewed publications and standards was conducted. The comparison covered the radio-feature source, individual verification and database-search formulations, sample size, separation of training and test data, robustness to viewpoint and radio-environment changes, simultaneous presence of several people, and biometric error measures. The highest published results were found to relate mainly to closed-set classification in a controlled radio environment and not to demonstrate the false-match probability, cross-session stability, or correct rejection of an unknown person required for an independent access decision. The best-supported direction is supplementary verification of a cardholder in an isolated single-person passage zone. Applicability to architectural interlocks and turnstiles depends on spatial isolation, trajectory stability, and synchronization with the mechanism. Identification at an ordinary door or turnstile lacks sufficient evidence. Radio features should be used as a covert supplementary factor or a trigger for enhanced verification, not as the sole access factor.

**Keywords: radio-biometric recognition, wireless sensing, channel state information, beamforming feedback, machine learning, access control, identity verification, person identification**

## Введение

Технологии беспроводного зондирования используют не только передачу данных, но и зависимость радиоканала от объектов в зоне распространения сигнала. Тело человека отражает, поглощает и рассеивает радиоволны, а движение изменяет многолучевую структуру канала. По временным последовательностям этих изменений модели машинного обучения обнаруживают присутствие, оценивают активность, восстанавливают элементы походки и пытаются различать людей. Современные обзоры относят к основным нерешенным проблемам одновременное присутствие нескольких пользователей, изменение состава зареги-

стрированной группы, работу вне прямой видимости и перенос между помещениями, конфигурациями оборудования и пользователями [1–3].

Следует разграничивать распознавание человека и обнаружение принадлежащего ему устройства. Отслеживание MAC-адреса телефона, радиометки или сетевой активности устанавливает присутствие технического идентификатора и фактически дублирует фактор владения. Безустройственное распознавание, рассматриваемое в настоящей работе, предполагает, что проходящий не носит специального передатчика, а его личность оценивается по воздействию тела и движений на сигнал между стационарными узлами Wi-Fi.

Интерес к применению технологии в системах контроля и управления доступом (СКУД) усилился после публикации результатов BFId: для информации обратной связи формирования луча была заявлена точность 99,5 ± 0,38 % на наиболее крупной для данного направления выборке [4]. Однако общая точность классификации не эквивалентна вероятности ложного допуска. СКУД должна связать предъявленный идентификатор с конкретным человеком, отвергнуть незарегистрированное лицо, обработать непригодный образец и сохранить характеристики при смене дня, одежды, траектории и радиосреды. Предметом обзора являются алгоритмы выделения признаков из информации о состоянии канала (Channel State Information, CSI) и информации обратной связи формирования луча (Beamforming Feedback Information, BFI), модели машинного обучения и программные методы принятия решения, то есть компоненты математического и программного обеспечения вычислительных комплексов и компьютерных сетей, применяемые в СКУД. Поэтому научная оценка требует сопоставления экспериментальной постановки с эксплуатационным сценарием, а не непосредственного переноса максимальной опубликованной точности.

Для пропускных пунктов принципиально различаются две задачи. При предъявлении бесконтактной карты система получает заявленную личность и выполняет верификацию 1:1 – сравнение текущего радиообраза с шаблоном владельца карты. При отсутствии карты требуется идентификация 1:N с поиском по базе и одновременным решением, принадлежит ли человек зарегистрированному множеству. Вторая задача существенно сложнее, поскольку рост базы увеличивает число сравнений и риск случайно высокого совпадения, а открытая зона прохода затрудняет ассоциацию сигнала с одним телом. В отличие от существующих обзоров [1–3], в настоящей работе опубликованные алгоритмы и протоколы сопоставляются не только между собой, но и с конкретными режимами СКУД. Научная новизна состоит в разграничении доказательности для верификации владельца карты и открытой идентификации, а также в формировании условий переноса результатов в шлюзовую кабину, архитектурный шлюз и турникет со шлюзованием.

**Цель исследования** – на основе рецензируемых публикаций и стандартов определить границы применимости алгоритмов выделения признаков из CSI/BFI, моделей машинного обучения и программных методов принятия решения для верификации владельцев бесконтактных карт в шлюзовой кабине, архитектурном шлюзе и турникете со шлюзованием, а также оценить готовность технологии к идентификации 1:N у двери или турникета.

## Материалы и методы исследования

Работа выполнена как структурированный научный обзор. Поиск охватывал публикации 2016–2026 гг., опубликованные не позднее 31 августа 2026 г. На платформах ACM Digital Library, IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer Nature, MDPI и PubMed по названию, аннотации и ключевым словам использовались сочетания: WiFi human identification, WiFi person authentication, CSI gait recognition, beamforming feedback identity, multi-user WiFi authentication, cross-domain WiFi sensing и их смысловые варианты. Дополнительная проверка полноты выполнена по спискам литературы обзоров [1–3], прямым и обратным цитированиям, а также по запросам: WiFi individual identification, identity legitimacy authentication, open-set WiFi recognition, unknown user, device-free fast identification и path-independent gait recognition. DOI, состав авторов, тип публикации и выходные сведения проверялись по страницам издателей.

Включались рецензируемые исследования безустройственной идентификации, аутентификации или повторной идентификации человека по параметрам серийных беспроводных локальных сетей; обзоры предметной области; работы о переносе между доменами, многопользовательском режиме и состязательных воздействиях; стандарты зондирования и биометрических испытаний. Первичный поиск зарегистрировал 38 записей; дополнительная проверка полноты выявила 6 уникальных релевантных работ, поэтому итоговый массив составил 44 записи. Были удалены 7 дубликатов по DOI, а при его отсутствии – по названию

и составу авторов, проверены 37 записей; 7 исключены как не относящиеся к распознаванию личности. Полнотекстово оценены 30 публикаций; 9 исключены: 4 – без задачи установления личности, 2 – по радиомодальностям вне семейства Wi-Fi, 2 – об идентификации устройства, 1 – без окончательной рецензируемой публикации на дату поиска. В качественный синтез включена 21 рецензируемая работа – 18 первичных исследований и 3 обзора; отдельно использованы 4 стандарта.

Для каждого исследования кодировались источник радиопризнаков, способ предварительной обработки, архитектура модели и правило принятия решения; число участников; режим 1:1 или 1:N; закрытый либо открытый набор; разделение обучающих и тестовых данных; смена помещения, ракурса и траектории; наличие нескольких людей; длительность наблюдения; показатели ложного совпадения и ложного несовпадения; задержка и доступность кода или данных. Дополнительно формировался профиль доказательности по наличию независимых межсессионных испытаний, неизвестных лиц, смены радиосреды, многопользовательского режима, стандартизованных биометрических метрик и достаточного размера выборки; единый суммарный балл не рассчитывался. Из-за неоднородности выборок, протоколов и метрик метаанализ не проводился; применен качественный синтез с проверкой соответствия опытов трем эксплуатационным сценариям. Под архитектурным шлюзом понимается тамбур из двух взаимозависимых дверей, образованный строительными конструкциями, а под турникетом со шлюзованием – управляемая полоса, ограничивающая одновременный проход.

## Результаты исследования и их обсуждение

### *Физическая основа и развитие методов*

Наиболее распространенным источником данных является информация о состоянии канала (Channel State Information, CSI) – комплексные оценки амплитуды и фазы для поднесущих и пар передающих и приемных антенн. Временной ряд CSI содержит одновременно признаки движения человека и конкретной геометрии многолучевого распространения. Ранние системы подтвердили принципиальную различимость на малых закрытых выборках. В WiFi-ID средняя точность уменьшалась примерно с 93 до 77 % при росте числа кандидатов с двух до шести [5]. WifiU преобразовывал CSI в спектрограммы походки и сообщил точность первого результата 79,28 %, а попадание в первые три результата – 93,05 % [6]. FreeSense сочетал метод главных компонент, дискретное вейвлет-преобразование и динамическое выравнивание времени; для девяти участников точность составляла 88,9–94,5 % в зависимости от размера множества кандидатов [7]. Радиобиометрический подход показывал различимость через стену [8], а WiPIN – около 92 % для 30 участников при времени решения менее 300 мс [9]. Совокупно эти результаты подтверждают наличие индивидуально зависимых радиопризнаков, но также демонстрируют чувствительность к размеру класса и условиям регистрации.

Последующие работы уменьшали зависимость от направления и траектории, применяли перенос обучения, метрическое представление и открытое распознавание. Gate-ID учитывал зеркальное изменение радиосигнатуры при противоположных направлениях движения [10], GaitSense – разные скорости и траектории [11], CAUTION – маловыборочную открытую аутентификацию [12], подход повторной идентификации – сиамскую модель [13], а WiTL – перенос обучения между сценами и активностями [14]. MetaGanFi объединил условно-циклическую генеративно-состязательную сеть и доменно-независимое метаобучение: при одном и пяти регистрационных примерах точность составляла 87,25 и 93,50 % при изменении траектории и многолучевой среды, а также 86,84 и 91,25 % при изменении расположения устройств [15]. WiDFF-ID применял глубокую сверточную сеть с повторным использованием признаков и достиг средней точности 98 % для 42 участников [16]. Multi-WiIR использовал многоветвевую нейронную сеть и индивидуальные бинарные классификаторы для отказа незарегистрированным лицам; при числе легитимных пользователей до четырех достигнута точность 85,11 % [17]. Wi-GPD сочетал вариационное модальное разложение и плотность точек комплексного сигнала; для 5–20 участников сообщено 84,75–99,5 % [18]. Эти методы улучшают переносимость, снижают объем регистрации и учитывают неизвестных лиц, однако остаются привязаны главным образом к частным наборам данных и общей точности. Ни одна включенная работа одновременно не подтвердила крупную открытую выборку, независимые долговременные сессии, смену радиосреды, многопользовательскую ассоциацию и стандартизованные показатели допуска.

Вторым источником является информация обратной связи формирования луча

(Beamforming Feedback Information, BFI). Клиент вычисляет по оценке канала сжатое представление, необходимое точке доступа для направленной передачи. В отличие от CSI, извлечение BFI может не требовать модифицированной прошивки приемника, а передаваемые отчеты доступны в радиоэфире. Это снижает аппаратный барьер и одновременно создает угрозу скрытого наблюдения. Принятый в 2025 г. IEEE 802.11bf формализует процедуры зондирования беспроводной локальной сетью, но не устанавливает биометрические пороги, правила регистрации личности или пригодность результата для управления доступом [19].

*Доказательность опубликованных результатов*

Наиболее сильный количественный результат получен в BFId, где были записаны данные 197 участников, а пригодные BFI-последовательности сохранились для 161 чел. [4]. Для обычной ходьбы модель обучалась и проверялась после случайного разделения последовательностей каждого участника, и была получена точность 99,5 ± 0,38 %. Авторы дополнительно исследовали быстрый проход, рюкзак, перенос ящика и турникет. Этот эксперимент убедительно доказывает информативность BFI и масштабируемость закрытой классификации лучше прежних малых выборок.

Вместе с тем BFId исследовал угрозу раскрытия личности, а не биометрический контроллер доступа. Случайное разделение последовательностей 80:20 не отделяло регистрацию и проверку по независимым дням; примененный softmax-классификатор выбирал одного из известных участников и не обеспечивал полноценного отказа для неизвестного лица. Участникам предписывалось не носить свободную одежду, юбки, платья и обувь на каблуке. При обучении на одном ракурсе и проверке на другом большинство результатов было ниже 5 %, то есть радиосигнатура оказалась тесно связана с конкретной парой радиоустройств и геометрией прохода. Влияние долговременного дрейфа, перемещаемых объектов и других сетей оставлено открытым [4]. Поэтому заявленные 99,5 % нельзя интерпретировать как вероятность правильного допуска на реальной проходной.

Отдельная проблема возникает при нескольких людях. MultiAuth разделял многолучевые компоненты и аутентифицировал до трех пользователей, однако сообщил среднюю точность 86,2 % и показатель ложного принятия (false acceptance rate, FAR) 9,5 % [20]. Для СКУД остается задача пространственной ассоциации: радиоизмерение должно относиться к человеку, предъявившему карту, а не к ожидающему рядом сотруднику. Библиотеки и сравнительные тесты также показывают сильную зависимость результатов от оборудования, набора данных и глубины модели [21], а исследования переноса относят смену помещения и конфигурации к главным барьерам [3].

Следовательно, общая точность классификации недостаточна для решения о допуске. Стандарты биометрического тестирования требуют раздельно оценивать вероятность ложного совпадения (false match rate, FMR), вероятность ложного несовпадения (false non-match rate, FNMR), долю непригодных образцов, пропускную способность и доверительные интервалы [22]. Обозначение FAR в отдельных публикациях сохраняется здесь только при воспроизведении авторской метрики и не считается автоматически тождественным стандартизованной FMR. Для сценария контроля доступа дополнительно важны длительность транзакции и испытания в условиях, соответствующих реальному потоку людей [23]. ГОСТ Р 51241-2008 устанавливает общие требования и методы испытаний средств и систем контроля и управления доступом, однако специальной радиобиометрической модальности не выделяет [24]. До появления воспроизводимых оценок по этим метрикам Wi-Fi-распознавание нельзя считать самостоятельным средством биометрического допуска.

*Переход от классификации к задаче СКУД*

Предъявление карты существенно улучшает постановку. Идентификатор задает один эталон, поэтому радиомодель должна ответить не «кто находится в зоне?», а «согласуется ли текущий образ с владельцем карты?». Верификация 1:1 уменьшает число сравнений и позволяет формировать индивидуальный порог. Однако она не устраняет необходимость подтвердить одиночность прохода и качество измерения. Практически оправдана трехисходная логика: совпадение, несовпадение и неопределенный результат. Последний не должен автоматически означать нарушение; он должен инициировать проверку лица, радужной оболочки глаза, персонального кода либо оператором.

Радиопризнак нельзя считать независимым от среды в том же смысле, что изображение радужки или контрольные точки отпечатка. В шаблон неизбежно входят особенности тела и походки вместе с геометрией помещения, положением антенн, состоянием дверей и окружающими отражателями. Поэтому регистрацию следу-

ет выполнять отдельно для каждой полосы и направления, в несколько дней и при различной одежде, обуви, скорости и переносимых предметах. Автоматическое пополнение шаблона каждым успешным проходом не следует применять без контроля качества, защиты от ошибочного сопоставления и механизма отката эталона, поскольку ошибка может постепенно изменить шаблон.

*Оценка сценариев применения*

Шлюзовая кабина является наиболее благоприятным сценарием. Закрытая первая дверь и независимый датчик заполнения позволяют подтвердить присутствие одного человека, зафиксировать состояние механизмов и выделить стабильное временное окно. Карта однозначно связывается с текущей транзакцией. Ограничениями остаются малая длина траектории, сильные отражения от металлоконструкций, изменение канала при движении створок и зависимость от одежды, груза или временного нарушения походки. Поэтому кабина пригодна для теневого пилота и последующего применения радиопризнака как дополнительного фактора 1:1, но не как единственного основания для открытия второй двери.

Архитектурный шлюз потенциально предоставляет более длинный участок ходьбы, но хуже изолирует радиосреду. Через стекло и легкие перегородки на измерение воздействуют очередь, проходящие рядом люди и перемещаемое оборудование; траектория внутри тамбура обычно варьирует. Применение возможно лишь при гарантированном одиночном нахождении, ограниченной зоне чувствительности и регистрации шаблона именно для данного шлюза. В обычном широком тамбуре более реалистичны функции обнаружения присутствия, освобождения зоны и совместного прохода, а не подтверждение личности.

Ключевые экспериментальные результаты и ограничения их переноса в СКУД представлены в таблице.

Сопоставление ключевых исследований
безустройственного распознавания человека по Wi-Fi

| Работа | Радиопризнаки, метод и дизайн | Основной результат | Ограничение для СКУД |
|---|---|---|---|
| BFId [4] | BFI; 197 участников, пригодные данные 161; закрытая 1:N | 99,5 ± 0,38 %; случайное разбиение 80:20 | Нет полноценного отказа неизвестному; разбиение не межсессионное; зависимость от ракурса |
| WiFi-ID [5] | CSI, походка; 2–6 чел.; закрытая 1:N | Точность ≈ 93–77 % при росте базы | Малая выборка; фиксированная траектория |
| MetaGanFi [15] | CSI; генеративная сеть и метаобучение; 1/5 примеров; смена домена | 87,25–93,50%; решение около 0,1 с | Требуется регистрационный пример; нет нормированных FMR/FNMR |
| WiPIN [9] | CSI, стоящий человек; сопоставление признаков; 30 участников | Около 92 %; решение менее 300 мс | Закрытый набор; междневная переносимость не доказана |
| Gate-ID [10] | CSI; нормализация направления; 6–20 чел. | 90,7–75,7 % при росте базы | Снижение при масштабировании; фиксированная установка |
| GaitSense [11] | CSI, признаки походки; 5–11 чел. | 93,2 % (5); 76,2 % (11) | Малая выборка; закрытая классификация |
| CAUTION [12] | CSI; маловыборочное открытое распознавание | Порог неизвестного; 1/5 обучающих данных аналогов | Нет нормированных FMR/FNMR для проходной; ограниченная выборка |
| Person Re-ID [13] | CSI; сиамская модель, повторная идентификация | Сопоставление радиосигнатур между наблюдениями | Частный набор; нет метрик допуска и масштабного открытого теста |
| WiTL [14] | CSI; перенос обучения; разные сцены и активности | Более 93 % между сценами; более 97 % между активностями | Собственный протокол; нет стандартизованных показателей СКУД |
| Multi-WiIR [17] | CSI; многоветвевая сеть и бинарные классификаторы; до 4 пользователей | Точность до 85,11%; низкая задержка | Общая точность не задает ложный допуск; ассоциация «карта – тело» не решена |
| MultiAuth [20] | CSI; разделение многолучевых компонентов; до 3 чел. одновременно | 86,2 %; авторами указано FAR 9,5 % | Недостаточно для единственного фактора; проблема ассоциации «карта – тело» |

Примечание: составлена автором по источникам, указанным в графе «Работа»; показатели приведены в терминологии исходных публикаций и непосредственно не сопоставимы из-за различий выборок, протоколов и правил расчета метрик.

Турникет со шлюзованием фиксирует направление и положение проходящего лучше обычной двери. BFId показал сохранение информативности BFI при проходе через турникет [4]. Однако вращающийся ротор или створки сами изменяют радиоканал, человек адаптирует шаг к механике, а соседние полосы и очередь создают смешанные отражения. Перспективен выделенный канал, в котором измерение синхронизировано с положением механизма и выполняется до его движения либо после остановки. Решение следует использовать как вторичный фактор, а не переносить на многополосную проходную без пространственной изоляции. Режим идентификации 1:N у обычной двери или турникета в рассмотренных публикациях пока не получил достаточного экспериментального обоснования. Открытая радиозона не обеспечивает устойчивой связи между измерением и конкретным человеком, неизвестный посетитель должен быть корректно отвергнут, а междневная и межпозиционная стабильность не доказана на выборках масштаба промышленной СКУД. Даже высокая закрытая классификация не решает эту задачу. Достаточная точность может быть заявлена только после независимых испытаний открытого набора с предварительно заданными FMR и FNMR, а таких результатов для серийно применяемой системы пока нет.

*Архитектура внедрения и программа испытаний*

Рекомендуемая архитектура включает выделенные радиоустройства, формирующие воспроизводимый измерительный трафик; синхронизацию BFI или CSI с событием карты и состоянием двери или турникета; независимый датчик одиночного заполнения; модуль оценки качества; защищенное сравнение 1:1; политику усиленной проверки. Использование случайного офисного трафика нежелательно, поскольку частота отчетов зависит от нагрузки сети. Передача измерений должна иметь контроль целостности и времени, а сервер – запрещать решение по данным вне окна текущей транзакции.

Информационная безопасность должна учитывать как атаки на тракт измерения, так и состязательные воздействия на модель. Для классификаторов активности экспериментально показана деградация при специально сформированных возмущениях CSI [25]. Применительно к СКУД радиопомехи и подмена телеметрии являются прямыми угрозами; повтор записанных последовательностей и постепенное отравление эталона следует рассматривать как проектные модели угроз, практическая реализуемость которых требует отдельной проверки. BFI, передаваемая в радиоэфире, одновременно облегчает внедрение и создает риск скрытого распознавания. Радиошаблоны, используемые для установления или подтверждения личности, целесообразно минимизировать, разграничивать и защищать на уровне, сопоставимом с иными биометрическими шаблонами; их конкретная правовая квалификация зависит от цели и организации обработки.

Пилотные испытания целесообразно начинать в теневом режиме без управления исполнительным устройством. Обучающие и тестовые проходы разделяются по дням, а не случайным фрагментам одной сессии. Отдельно проверяются неизвестные лица, чужие карты, зимняя и специальная одежда, сумки и грузы, разная скорость, остановки, изменение походки, соседняя полоса, движение дверей, перестановка оборудования и долговременный дрейф. До сбора данных задаются целевая вероятность ложного совпадения, допустимая вероятность ложного несовпадения, доля неопределенных результатов и предельная задержка. Только достижение этих показателей с доверительными интервалами позволяет переходить к ограниченному эксплуатационному применению.

**Заключение**

Проведенный обзор показывает, что безустройственное распознавание человека по CSI и BFI имеет достоверную физическую основу и способно различать людей в контролируемых экспериментах. Вместе с тем радиосигнатура объединяет особенности тела и движения с конфигурацией помещения, поэтому достигнутая закрытая точность не подтверждает эксплуатационные показатели биометрической СКУД.

Наиболее реалистично применение в шлюзовой кабине как дополнительной верификации 1:1 после предъявления карты и независимого подтверждения одиночного нахождения. Архитектурный шлюз пригоден только при радиопространственной изоляции и стабильной траектории. Турникет со шлюзованием перспективен в выделенной полосе при синхронизации измерения с механикой. Во всех трех случаях неопределенный или отрицательный радиорезультат должен вести к другому биометрическому фактору либо операторской проверке. Использование Wi-Fi как единственного фактора допуска и идентификация 1:N у обычной двери или турникета преждевременны. Для изменения этого вы-

вода необходимы межсессионные и долговременные испытания открытого набора на крупных выборках, нормированные показатели ложного совпадения и несовпадения, проверка многопользовательской ассоциации и устойчивости к преднамеренным воздействиям. До получения таких доказательств рациональная роль технологии – скрытый дополнительный фактор, сигнал риска и средство инициирования усиленной проверки.

## Список литературы


1. Wei Z., Chen W., Ning S., Lin W., Li N., Lian B., Sun X., Zhao J. A Survey on WiFi-based Human Identification: Scenarios, Challenges, and Current Solutions // ACM Transactions on Sensor Networks. 2025. Vol. 21. Is. 1. Art. 10. P. 1–32. DOI: 10.1145/3708323.

2. Mosharaf M., Kwak J. B., Choi W. WiFi-Based Human Identification with Machine Learning: A Comprehensive Survey // Sensors. 2024. Vol. 24. Is. 19. Art. 6413. DOI: 10.3390/s24196413.

3. Chen C., Zhou G., Lin Y. Cross-Domain WiFi Sensing with Channel State Information: A Survey // ACM Computing Surveys. 2023. Vol. 55. Is. 11. Art. 231. P. 1–37. DOI: 10.1145/3570325.

4. Todt J., Morsbach F., Strufe T. BFId: Identity Inference Attacks Utilizing Beamforming Feedback Information // Proceedings of the 2025 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. 2025. P. 2399–2413. DOI: 10.1145/3719027.3765062.

5. Zhang J., Wei B., Hu W., Kanhere S. S. WiFi-ID: Human Identification Using WiFi Signal // Proceedings of the 12th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems. 2016. P. 75–82. DOI: 10.1109/DCOSS.2016.30.

6. Wang W., Liu A.X., Shahzad M. Gait Recognition Using WiFi Signals // Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing. 2016. P. 363–373. DOI: 10.1145/2971648.2971670.

7. Xin T., Guo B., Wang Z., Li M., Yu Z. FreeSense: Indoor Human Identification with Wi-Fi Signals // 2016 IEEE Global Communications Conference. 2016. P. 1–7. DOI: 10.1109/GLOCOM.2016.7841847.

8. Xu Q., Chen Y., Wang B., Liu K.J.R. Radio Biometrics: Human Recognition Through a Wall // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2017. Vol. 12. Is. 5. P. 1141–1155. DOI: 10.1109/TIFS.2016.2647224.

9. Wang F., Han J., Lin F., Ren K. WiPIN: Operation-Free Passive Person Identification Using Wi-Fi Signals // 2019 IEEE Global Communications Conference. 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9014226.

10. Zhang J., Wei B., Wu F., Dong L., Hu W., Kanhere S. S., Luo C., Yu S., Cheng J. Gate-ID: WiFi-Based Human Identification Irrespective of Walking Directions in Smart Home // IEEE Internet of Things Journal. 2021. Vol. 8. Is. 9. P. 7610–7624. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3040782.

11. Zhang Y., Zheng Y., Zhang G., Qian K., Qian C., Yang Z. GaitSense: Towards Ubiquitous Gait-Based Human Identification with Wi-Fi // ACM Transactions on Sensor Networks. 2022. Vol. 18. Is. 1. Art. 1. P. 1–24. DOI: 10.1145/3466638.

12. Wang D., Yang J., Cui W., Xie L., Sun S. CAUTION: A Robust WiFi-Based Human Authentication System via Few-Shot Open-Set Recognition // IEEE Internet of Things Journal. 2022. Vol. 9. Is. 18. P. 17323–17333. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3156099.

13. Avola D., Cascio M., Cinque L., Fagioli A., Petrioli C. Person Re-Identification Through Wi-Fi Extracted Radio Biometric Signatures // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2022. Vol. 17. P. 1145–1158. DOI: 10.1109/TIFS.2022.3158058.

14. Lin C., Wang P., Ji C., Obaidat M. S., Wang L., Wu G., Zhang Q. A Contactless Authentication System Based on WiFi CSI // ACM Transactions on Sensor Networks. 2023. Vol. 19. Is. 2. Art. 29. P. 1–20. DOI: 10.1145/3532095.

15. Zhang J., Chen Z., Luo C., Wei B., Kanhere S. S., Li J. MetaGanFi: Cross-Domain Unseen Individual Identification Using WiFi Signals // Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. 2022. Vol. 6. Is. 3. Art. 152. P. 1–21. DOI: 10.1145/3550306.

16. Wu Z., Xiao X., Lin C., Gong S., Fang L. WiDFF-ID: Device-Free Fast Person Identification Using Commodity WiFi // IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking. 2023. Vol. 9. Is. 1. P. 198–210. DOI: 10.1109/TCCN.2022.3222193.

17. Wei Z., Dong Y. Multi-WiIR: Multi-User Identity Legitimacy Authentication Based on WiFi Device // Future Internet. 2024. Vol. 16. Is. 4. Art. 127. P. 1–17. DOI: 10.3390/fi16040127.

18. Liu Y., Cao Z., Cai J., He Y., Hu M. Wi-GPD Identification System Based on Gait Point Density // ACM Transactions on Embedded Computing Systems. 2025. Vol. 24. Is. 4. Art. 61. P. 1–24. DOI: 10.1145/3746639.

19. IEEE 802.11bf-2025. IEEE Standard for Information Technology – Telecommuni-cations and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 4: Enhancements for Wireless LAN Sens-ing. New York: IEEE, 2025. 228 p. DOI: 10.1109/IEEESTD.2025.11184214.

20. Kong H., Lu L., Yu J., Chen Y., Xu X., Lyu F. Toward Multi-User Authentication Using WiFi Signals // IEEE/ACM Transactions on Networking. 2023. Vol. 31. Is. 5. P. 2117–2132. DOI: 10.1109/TNET.2023.3237686.

21. Yang J., Chen X., Zou H., Lu C.X., Wang D., Sun S., Xie L. SenseFi: A Library and Benchmark on Deep-Learning-Empowered WiFi Human Sensing // Patterns. 2023. Vol. 4. Is. 3. Art. 100703. DOI: 10.1016/j.patter.2023.100703.

22. ISO/IEC 19795-1:2021. Information technology – Biometric performance testing and reporting. Part 1: Principles and framework. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. 76 p. URL: https://www.iso.org/standard/73515.html (дата обращения: 02.09.2026).

23. ISO/IEC 19795-5:2011. Information technology – Biometric performance testing and reporting – Part 5: Access control scenario and grading scheme. Geneva: International Organization for Standardization, 2011. 36 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.iso.org/standard/51768.html (дата обращения: 02.09.2026).

24. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. 2009-09-01. М.: Стандартинформ, 2009. (с Изменением № 1, введ. 2025-02-01). [Электронный ресурс]. URL: https://protect.gost.ru/gost/details/b6aab7df-fac3-40d3-8c34-42e037e737c5 (дата обращения: 02.09.2026).

25. Ambalkar H., Wang X., Mao S. Adversarial Human Activity Recognition Using Wi-Fi CSI // 2021 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. 2021. P. 1–5. DOI: 10.1109/CCECE53047.2021.9569098.


**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 681.51
DOI

CC BY 4.0

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКООРДИНАТНЫМИ МЕХАТРОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ С ВЗАИМОСВЯЗАННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

**Греков Э. Л. ORCID ID 0000-0003-4675-7378,**
**Шелихов Е. С. ORCID ID 0000-0001-6326-2591,**
**Кочковская С. С. ORCID ID 0000-0002-7562-2379**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В. А. Бондаренко», Оренбург, Российская Федерация, e-mail: shelevgen@mail.ru*

Работа посвящена разработке системы управления многокоординатными мехатронными устройствами с взаимосвязанными электроприводами. Актуальность темы обусловлена широким применением такого оборудования в станкостроении, аддитивных технологиях, системах слежения и возобновляемой энергетике. Целью исследования является создание математического и программного обеспечения, обеспечивающего позиционирование по кусочно-линейным траекториям с ограничением ускорения пространственного вектора скорости. В работе решены следующие задачи: разработано математическое обеспечение для формирования тахограмм работы электроприводов, определены условия переключения между кадрами без полной остановки, предложен метод предварительного расчета замедления при исчерпании буфера кадров. Предложена структурная схема программного модуля, реализованного на базе микроконтроллера STM32 с использованием FreeRTOS. Два параллельных потока обеспечивают расчет текущих и прогнозируемых параметров движения, что позволяет своевременно корректировать скорость перехода. Для формирования импульсов Step применены встроенные таймеры в режиме широтно-импульсной модуляции; разработан метод компенсации дрожания импульсов на основе учета дробной части переменной перемещения, что повышает плавность движения. Разработанное математическое и программное обеспечение применимо в системах управления с числом осей до шести и может быть адаптировано для различных типов приводов. Результаты работы позволяют повысить производительность оборудования за счет оптимизации скоростных режимов.

**Ключевые слова: взаимосвязанные электроприводы, кусочно-линейная траектория, тахограмма, скорость переключения кадров, импульсы Step/Dir**

# CONTROL SYSTEM FOR MULTI-AXIS MECHATRONIC DEVICES WITH INTERCONNECTED ELECTRIC DRIVES

**Grekov E. L. ORCID ID 0000-0003-4675-7378,**
**Shelikhov E. S. ORCID ID 0000-0001-6326-2591,**
**Kochkovskaya S. S. ORCID ID 0000-0002-7562-2379**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University named after V. A. Bondarenko", Orenburg, Russian Federation, e-mail: shelevgen@mail.ru*

The work is devoted to the development of a control system for multi-axis mechatronic devices with interconnected electric drives. The relevance of the topic is due to the widespread use of such equipment in machine tool building, additive technologies, tracking systems, and renewable energy. The aim of the research is to create mathematical and software support that ensures positioning along piecewise-linear trajectories with acceleration constraints of the spatial velocity vector. The following tasks have been solved: mathematical support for generating velocity profiles (tachograms) of electric drive interaction has been developed, conditions for frame-to-frame switching without a complete stop have been determined, and a method for preliminary deceleration calculation when the frame buffer is exhausted has been proposed. A structural diagram of the software module implemented on the basis of an STM32 microcontroller using FreeRTOS is proposed. Two parallel threads provide calculation of current and predicted motion parameters, which allows timely correction of the switching speed. For generating Step pulses, built-in timers in PWM mode are used; a method for compensating pulse jitter based on taking into account the fractional part of the displacement variable has been developed, which improves motion smoothness. The developed mathematical and software support are applicable in control systems with up to six axes and can be adapted for various types of drives. The results obtained make it possible to increase equipment productivity and accuracy by optimizing speed modes.

**Keywords: interconnected electric drives, piecewise-linear trajectory, velocity profile (tachogram), frame switching speed, Step/Dir pulses**

## Введение

Современная система управления многокоординатными мехатронными устройствами различного назначения (солнечные трекеры, 3D-принтеры, экзоскелеты и т. д.) позволяет позиционировать их электроприводы и реализовывать перемещения по сложному пространственному маршруту (траектории) [1–3].

В большинстве случаев пространственную траекторию можно представить в виде ломаной линии, состоящей из прямолинейных отрезков – кадров [4, 5]. Соответственно, главной задачей модуля управления является отработка движения по кадрам путем решения дифференциальных уравнений скорости и перемещения [6–8].

Актуальность данной работы обусловлена высоким спросом на разработку современного автоматизированного оборудования, позволяющего осуществлять взаимосвязанные многокоординатные перемещения в пространстве для выполнения различных технологических задач (слежение за объектом, пространственная печать и др.) [9, 10].

**Цель исследования** – разработка структуры и алгоритмов системы управления многокоординатными мехатронными устройствами с взаимосвязанными электроприводами.

В работе решаются следующие задачи:

– разработка математического обеспечения для формирования тахограммы взаимосвязанных электроприводов с ограничением ускорения пространственного вектора скорости и определения его модуля при переключении между кадрами, определяющими кусочно-линейную траекторию движения с ограничением ускорения;

– разработка математического обеспечения определения тахограммы замедления движения при достижении окончания буфера кадров с ограничением ускорения пространственного вектора скорости;

– разработка математического обеспечения формирования тактовых импульсов Step управления шаговыми двигателями с помощью периферийных таймеров, встроенных в микроконтроллер;

– составление структурной схемы программного обеспечения модуля управления многокоординатными устройствами с взаимосвязанными электроприводами.

## Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели и решения сформулированных задач в работе использован комплексный подход, сочетающий методы математического моделирования, алгоритмизации и программно-аппаратной реализации. Основой исследования является метод пространственного векторного анализа для описания движения по кусочно-линейной траектории. Ключевым элементом исследования является разработка метода определения безопасной скорости переключения между смежными кадрами без полной остановки.

Для предотвращения аварийных ситуаций при исчерпании буфера кадров предложен метод предиктивного планирования торможения. Для генерации управляющих сигналов Step/Dir разработан метод компенсации временной неравномерности импульсов.

Экспериментальное и вычислительное ядро системы реализовано на базе 32-битного микроконтроллера STM32. В качестве операционной среды используется FreeRTOS, что позволяет организовать многопоточные вычисления в реальном времени.

## Результаты исследования и их обсуждение

Условия задачи построения программно-аппаратной системы управления взаимосвязанными приводами:

– пространственное перемещение рабочего органа определяется конечными точками, определенными в последовательности кадров, загруженных в программный буфер устройства;

– количество кадров в буфере изначально неизвестно и может варьироваться от нуля (тогда устройство заканчивает движение к крайней точке или находится в ожидании) до максимального возможного значения;

– движение рабочего органа должно происходить с ограничением скорости и ускорения максимальным значением;

– при наличии нескольких кадров в буфере необходимо рассчитать такой профиль тахограммы приводов, чтобы с одной стороны движение по кадрам было максимально быстрым, а с другой – ускорения ограничивались бы максимальным значением;

– кадры поступают к устройству извне либо через физический интерфейс связи, либо через механизм очереди Queue операционной системы реального времени FreeRTOS, если расчет кадров проводится параллельным потоком.

Структура программного обеспечения представлена на рис. 1. Буфер кадров заполняется ПК через интерфейс связи, или кадры поступают от параллельно работающего потока. Так как для управления сервоприводами и шаговыми двигателями удобно оперировать понятием импульса перемещения за один шаг, то формат информации в поступающем кадре следующий:

– конечная координата $X_{кон}$ в виде многокоординатного вектора ($X_{кон.1}$, $X_{кон.2}$, $X_{кон.3}$, …) с размерностью количества импульсов Step перемещения серводвигателя;

– максимальная скорость перемещения в пространстве $F_{max}$ с размерностью количества импульсов перемещения в секунду (1/с), фактически являющейся частотой следования импульсов управления сервоприводами.

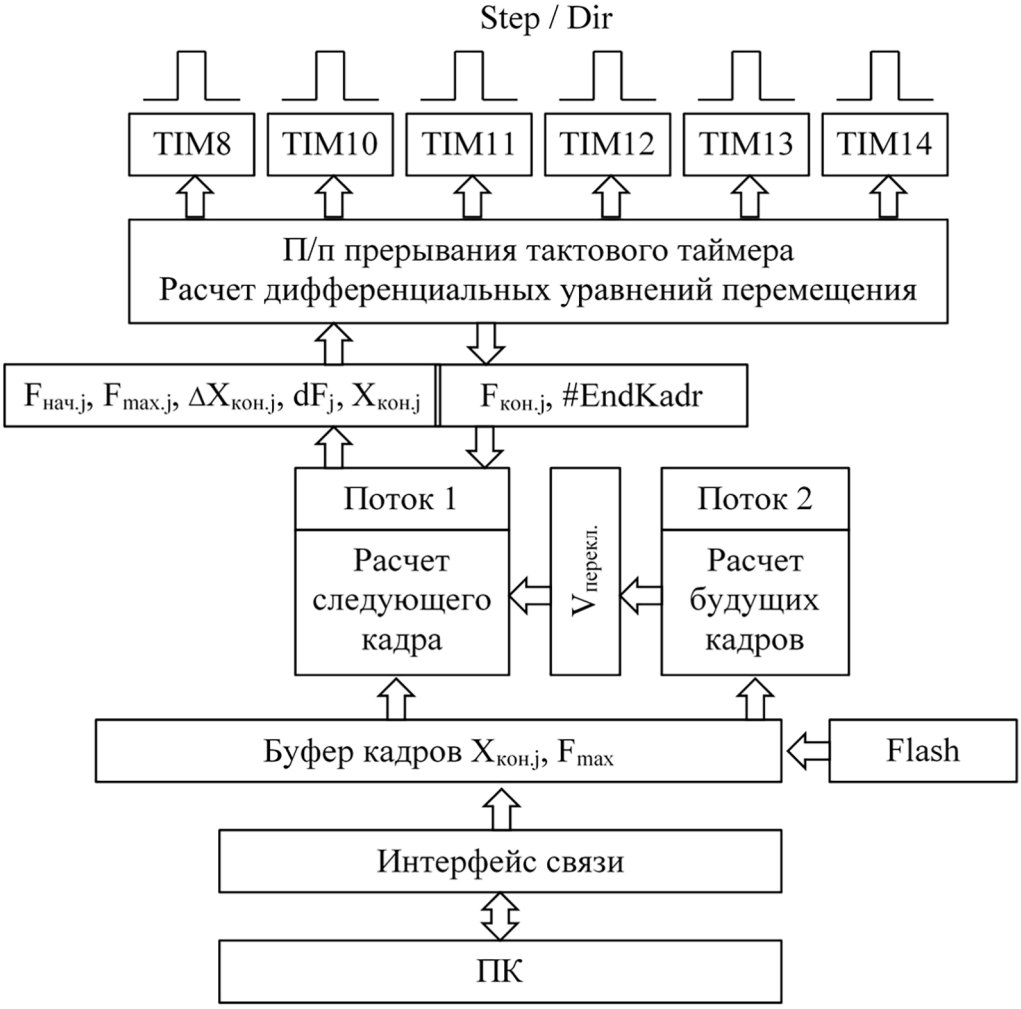



*Рис. 1. Структура программного обеспечения модуля управления*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Максимально допустимое ускорение задано с помощью команды конфигурации с размерностью количества импульсов перемещения в секунду за секунду ($1/c^2$). Здесь и далее в статье под скоростью перемещения и ускорением будем понимать частоту следования импульсов управления и ее производную по времени.

С помощью операционной системы реального времени FreeRTOS программа разделена на два параллельно выполняемых потока. Поток 1 рассчитывает параметры следующего кадра и определяет профиль изменения скорости по каждой координате. При этом поток затормаживается до конца выполнения текущего кадра семафором #EndKadr. Рассчитанные параметры кадра передаются подпрограмме прерывания тактового таймера, в котором решаются дифференциальные уравнения скорости и положения. По достижении конечного положения высвобождается семафор #EndKadr и поток 1 рассчитывает параметры следующего кадра.

Поток 2 был введен в структуру ПО для предиктивного расчета оставшихся в буфере кадров для формирования торможения рабочего органа до нулевой скорости с ограничением ускорения максимальным значением.

Команды на электроприводы (шаговые двигатели, сервоприводы) подаются в формате Step/Dir. Каждый импульс Step перемещает рабочий орган на определенное расстояние. Скорость перемещения определяется частотой импульсов, а направление – сигналом Dir.

Для упрощения расчета дифференциальных уравнений примем, что пространственное движение рабочего органа от одной точки до другой прямолинейно. Таким образом необходимо сформировать такие

профили скорости сервоприводов, чтобы они прошли заданные в кадре перемещения по координатам одновременно. Более того, необходимо, чтобы времена разгона и торможения тоже были одинаковыми.

Расчетные параметры каждого кадра включают в себя массив данных, описывающих физическое движение по каждой оси одновременно ($j$ = 1–6 – номер оси): начальное и конечное положения $X_{нач.j}$, $X_{кон.j}$; начальная скорость в начале кадра $F_{нач.j}$ (1/с); конечная скорость в конце кадра $F_{кон.j}$ (1/с); максимальная скорость $F_{max.j}$ (1/с); ускорение при пуске и торможении $dF_j$ (1/с$^2$); расстояние от начала торможения до конца кадра $X_{кон.j}$. Критерием оптимальности являются такие значения представленных параметров, при которых обеспечиваются минимальные динамические нагрузки [11].

Вышеобозначенные параметры являются проекциями единых векторов скорости $F$, ускорения $dF$ и позиционирования $X$ в масштабе перемещения от начала $X_{нач.j}$ до конца $X_{кон.j}$ кадра по осям:

$$\begin{cases} \Delta X_j = X_{кон.j} - X_{нач.j} \\ \Delta X = \sqrt{\sum_{j=1}^{6} \Delta X_j^{\,2}} \\ YY_j = YY \dfrac{\Delta X_j}{\Delta X} \end{cases}, \qquad (1)$$

где $\Delta X$, $\Delta X_j$ – перемещение по кадру в пространстве и в проекциях по осям (импульсы);

$X_{кон.j}$ – конечная координата перемещения в текущем кадре (импульсы);

$X_{нач.j}$ – конечная координата перемещения в предыдущем кадре (импульсы);

$YY$ – параметр скорости $F_{нач}$, $F_{кон}$, $F_{max}$ и ускорения $dF$.

По третьей формуле системы (1) осуществляется перерасчет всех параметров – скорости $F_{нач}$, $F_{кон}$, $F_{max}$ и ускорения $dF$ при подстановке вместо YY соответствующих переменных.

На рис. 2 показан пример соотношения между скоростями $F_j$ и перемещениями $\Delta X_j$ одного кадра.

Как видно из рисунка, для каждого сервопривода в зависимости от распределения перемещения по осям профиль скорости имеет различную максимальную скорость и ускорения при пуске и торможении, рассчитанные по (1) для каждого кадра. Так как по условию максимальное пространственное ускорение задано, то пути каждого привода в моменты равноускоренного пуска и торможения можно определить по известным формулам. В случае, когда суммарный путь пуска и торможения будет по расчету больше, чем перемещения $\Delta X_j$, формируется треугольный профиль тахограммы, когда скорость привода не достигает рассчитанной максимальной скорости $F_{max.j}$.

В простейшем случае каждый кадр обрабатывается системой управления независимо и профиль скорости в конце заканчивается нулевой скоростью. Однако это, очевидно, не является оптимальным управлением. С другой стороны, если сохранять скорость передвижения отдельных приводов на максимальном уровне для текущего кадра, то при переходе на следующий кадр, отличающийся направлением пространственного вектора перемещения, произойдет перераспределение скоростей по каждому приводу. В этот момент скорости должны практически мгновенно измениться, что противоречит требованию ограничения ускорения (рис. 3, а).

Поэтому с целью оптимизации скорости перемещения рабочего органа по сложному контуру имеет смысл затормаживаться в конце кадра не до нулевой скорости, а только до заранее рассчитанной скорости переключения $F_{перекл}$, безопасной с точки зрения максимально допустимого ускорения механизмов. На рис. 3, б, представлен график изменения скоростей по осям при переходе с одного кадра на другой. Так как направление вектора скорости в следующем кадре может отличаться от текущего, то согласно уравнениям (1) при ненулевой скорости переключения произойдет ступенчатое изменение проекций.

Для определения безопасной скорости переключения будем считать, что модуль вектора скорости $|F_n|$ на текущем и следующем кадре одинаков. Меняется только распределение проекций по координатам вектора скорости.

Проекции вектора скорости будут пропорциональны относительным перемещениям (n – текущий кадр, n+1 – следующий кадр):

$$\begin{aligned} F_{n,j} &= |F_n| \cdot \frac{\Delta X_{n.j}}{\Delta X_n} = |F_n| \cdot M_{n.j} \\ F_{n+1,j} &= |F_n| \cdot \frac{\Delta X_{n+1.j}}{\Delta X_{n+1}} = |F_n| \cdot M_{n+1.j} \end{aligned}, \qquad (2)$$

где $M_{n.j}$, $M_{n+1.j}$ – коэффициенты масштабирования модуля пространственного вектора скорости для определения значений проекций по осям $F_n$, $F_{n+1}$ для текущего и следующего кадров.

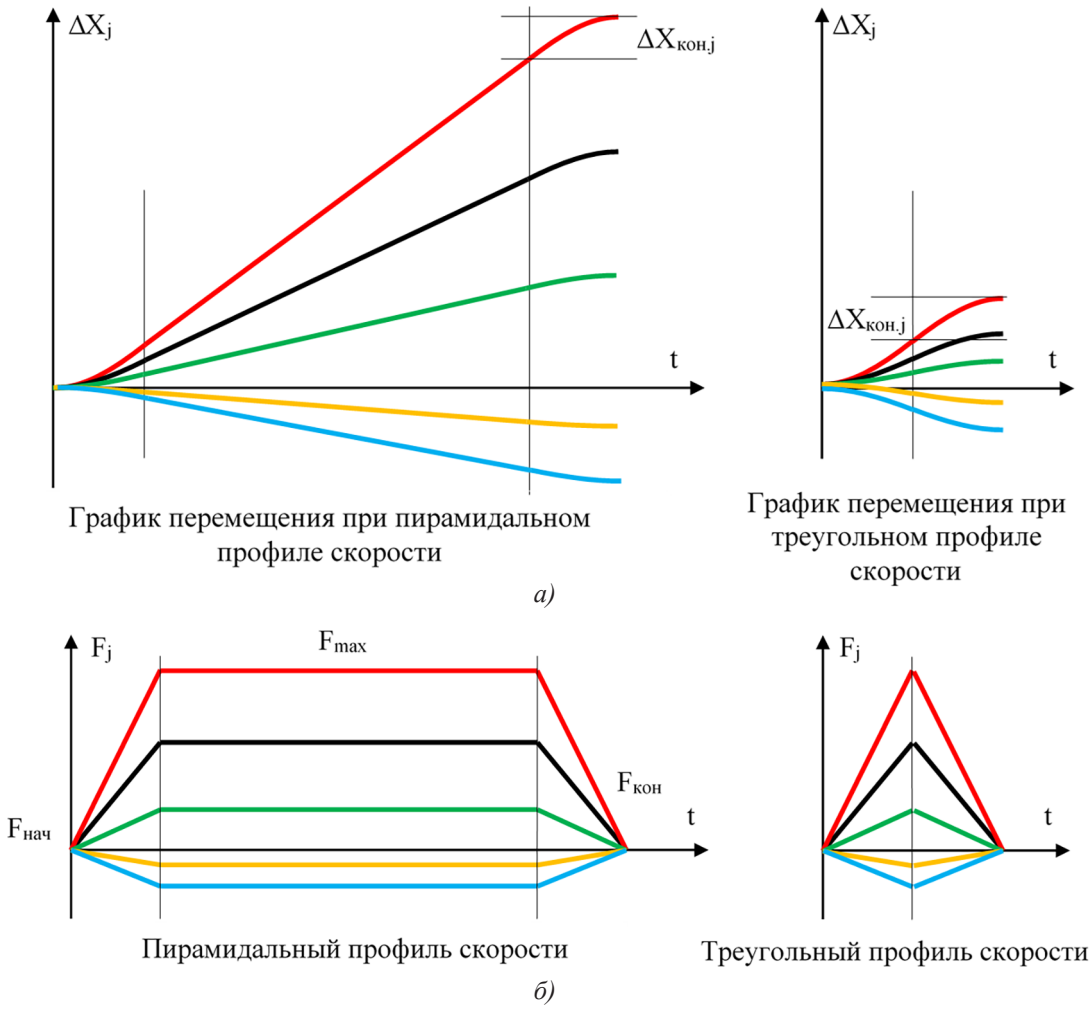



*Рис. 2. Пример соотношения скоростей (а) и перемещений (б) по осям*
*Примечание: составлен авторами на основе источника [11]*

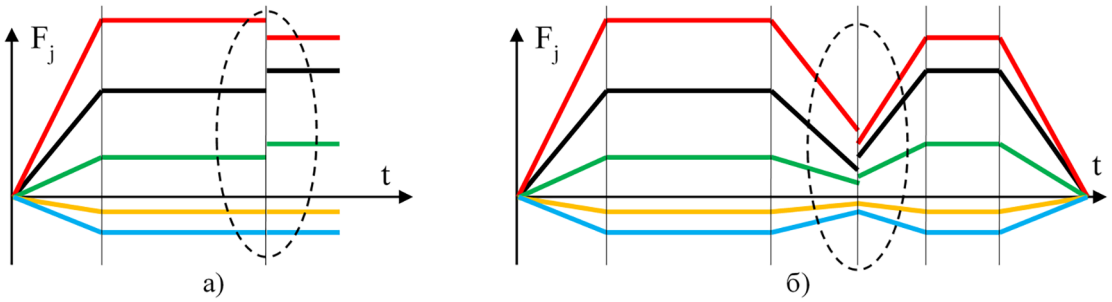



*Рис. 3. Ступенчатое изменение скорости при переходе между кадрами*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Ускорение при переходе с одного кадра на другой можно оценить как приращение скорости $F_{n+1,j} - F_{n,j}$ за приращение времени, равное периоду между импульсами до ($\Delta t_{n,j} = 1 / F_{n,j}$) и после ($\Delta t_{n+1,j} = 1 / F_{n+1,j}$) перехода. Тогда ускорение

$$dF_{n,j} = \frac{F_{n+1,j} - F_{n,j}}{\Delta t_{n+1} + \Delta t_n} = |F_n| \frac{M_{n+1,j} - M_{n,j}}{\frac{1}{F_{n+1,j}} + \frac{1}{F_{n,j}}} = |F_n|^2 \frac{M_{n+1,j} - M_{n,j}}{\frac{1}{M_{n+1,j}} + \frac{1}{M_{n,j}}}. \quad (3)$$

Для упрощения выражения примем $M_{n+1.j} \approx M_{n.j}$:

$$dF_{n,j} = \left|F_n\right|^2 \frac{M_{n+1,j} - M_{n,j}}{\frac{2}{M_{n,j}}} \Rightarrow \frac{dF_{n,j}}{M_{n,j}} = \left|F_n\right|^2 \frac{M_{n+1,j} - M_{n,j}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left|dF_{\text{ïî ï óñò}}\right| = \left|F_n\right|^2 \frac{\left|M_{\text{ïî-1óñò}} - M_{n,j}\right|}{2} \Rightarrow \left|F_n\right| = \sqrt{\frac{2 \cdot \left|dF_{n.}\right|}{\left|M_{n+1,j} - M_{n,j}\right|}}. \quad (4)$$

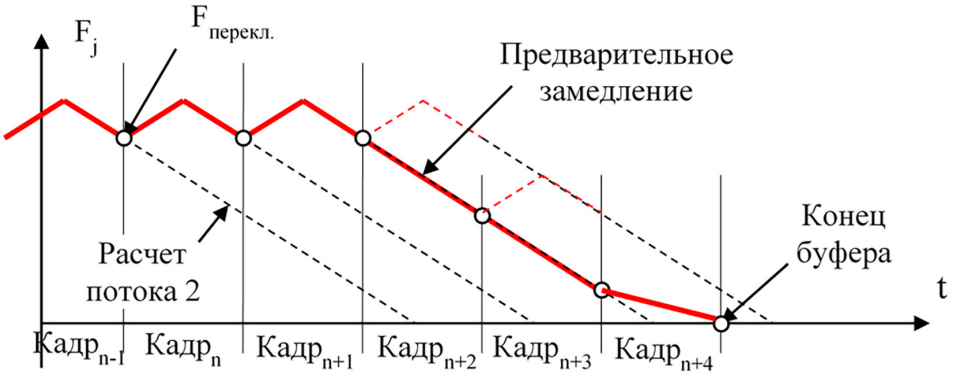



*Рис. 4. Расчет скоростей перехода с учетом будущих кадров*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Как видно из уравнения (4), если следующий кадр будет являться продолжением по направлению к предыдущему (относительные перемещения равны $M_{n.j} = M_{n+1.j}$), то скорость перехода стремится к бесконечности и должна ограничиваться максимальным значением. В случае же изменения направления движения в следующем кадре приводы будут затормаживаться до определенной скорости. И эта скорость будет тем меньше, чем значительней будет отклонение направления. При этом ускорение приводов при переходе с одного кадра на другой будет на уровне допустимого.

В случае разбиения криволинейной траектории на небольшие отрезки возможна ситуация, когда электроприводы не смогут быстро остановиться, вследствие, например, окончания буфера кадров или слишком резкого изменения траектории. Для этого необходимо просчитывать значения скоростей перехода на несколько кадров вперед и выбирать такие, которые бы обеспечивали безопасную остановку электроприводов. Для этого в программное обеспечение введен поток 2, который просчитывает несколько кадров вперед и передает потоку 1 безопасную скорость переключения $F_{перекл.}$

На рис. 4 показана схема расчета скоростей перехода потоком 2 программы.

Каждый раз поток 2 рассчитывает траекторию остановки с допустимым ускорением. Если рассчитанная точка остановки выходит за величину перемещения, указанного в последнем кадре буфера, то конечная скорость следующего кадра будет определяться с учетом замедления (кадры n + 2, n + 3, n + 4).

Импульсы Step формируются встроенными в микроконтроллер таймерами (рис. 1) в режиме однократного импульса ШИМ (широтно-импульсная модуляция) [12]. Расчет дифференциального уравнения перемещения ведется в переменных с фиксированной запятой с 32 разрядами на целую часть и 32 разрядами на дробную часть ($X_{Int32}$, $X_{Frac32}$). Каждый раз, когда при расчете изменяется целая часть переменной перемещения $X_{Int32}$ на единицу, включается соответствующий таймер для однократного формирования импульса. Следовательно, частота тактового таймера для расчета уравнений движения должна быть как минимум вдвое больше, чем максимальная скорость перемещения (частота импульсов Step).

Для устранения дрожания импульсов (jitter) положение импульса рассчитывается с учетом дробной части $X_{Frac32}$, как показано на рис. 5. Если в конце текущего такта расчета (Такт$_{n+1}$) целая часть увеличивается

на 1, включается таймер ШИМ, а уровень компаратора таймера для определения позиции начала одиночного импульса:

$$Trig_{TIM} = TIM_{\max}\left(1 - \frac{\left(X_{n+2} - Trunc\left(X_{n+1}\right)\right)_{Frac32}}{\left(X_{n+2} - X_{n+1}\right)_{Frac32}}\right), \quad (5)$$

где $TIM_{\max}$ – максимальное значение таймера микроконтроллера, при котором он переполняется, сбрасывается в ноль и формирует аппаратное прерывание;

$X_{n+1}$, $X_{n+2}$ – расчетная величина перемещения на n + 1 и n + 2 шагах расчета;

Trunc() – функция определения целой части числа.

Индекс Frac32 в (5) показывает, что для расчета берется дробная часть числа.

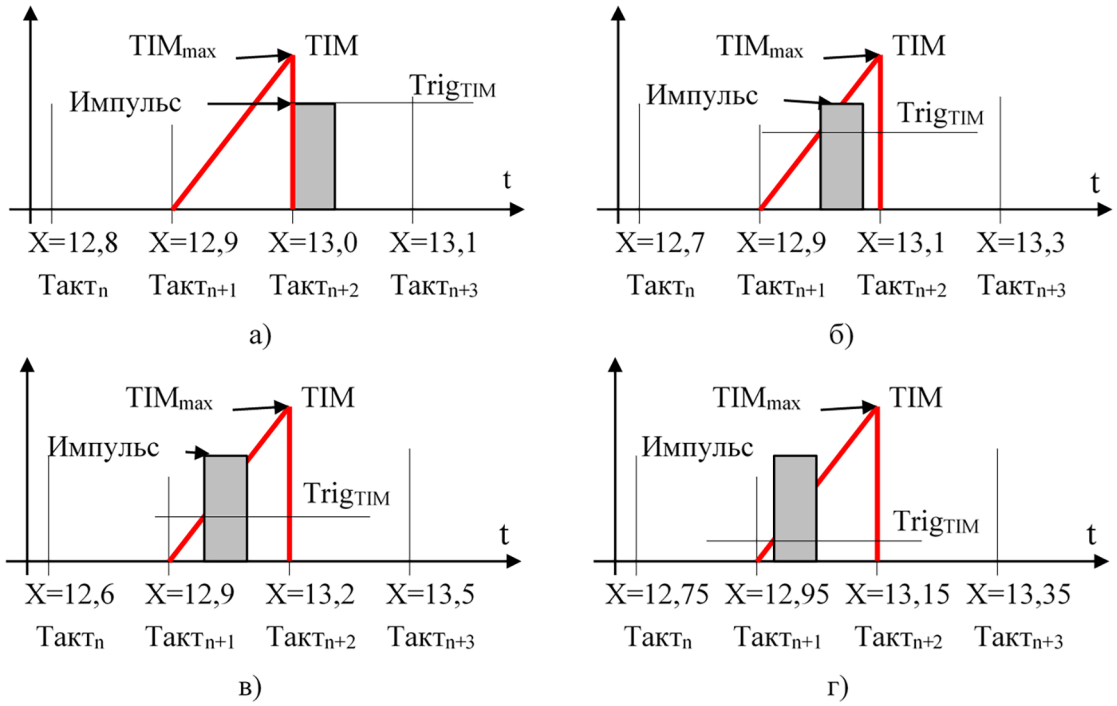



*Рис. 5. Зависимость положения импульса Step от дробной части координаты X*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

В соответствии с положениями импульса, представленными на рис. 4, формуле (5):

$$Trig_{TIM} = TIM_{\max}\left(1 - \frac{\left(13{,}0 - 12{,}0\right)_{Frag32}}{0{,}1_{Frag32}}\right) = 1{,}0 \cdot TIM_{\max};$$

$$Trig_{TIM} = TIM_{\max}\left(1 - \frac{\left(13{,}1 - 12{,}0\right)_{Frag32}}{0{,}2_{Frag32}}\right) = 0{,}5 \cdot TIM_{\max};$$

$$Trig_{TIM} = TIM_{\max}\left(1 - \frac{\left(13{,}2 - 12{,}0\right)_{Frag32}}{0{,}3_{Frag32}}\right) = 0{,}33 \cdot TIM_{\max};$$

$$Trig_{TIM} = TIM_{\max}\left(1 - \frac{\left(13{,}15 - 12{,}0\right)_{Frag32}}{0{,}2_{Frag32}}\right) = 0{,}25 \cdot TIM_{\max}.$$

Разработанные математические и программные решения применимы в системах управления с числом осей до шести и могут быть адаптированы для шаговых электроприводов [13, 14]. Например, при разработке специализированного программного обеспечения для управления солнечными трекерами [15, 16].

## Выводы

В ходе выполнения работы разработана система управления многокоординатными мехатронными устройствами с взаимосвязанными электроприводами, предназначенная для позиционирования по кусочно-линейным пространственным траекториям. Результаты исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы:

– разработаны математические соотношения, позволяющие для каждого кадра траектории формировать пирамидальный или треугольный профиль скорости в зависимости от длины перемещения. Обеспечено ограничение ускорения пространственного вектора скорости, что исключает превышение допустимых динамических нагрузок на приводы. Определен модуль скорости при переключении между кадрами на основе анализа изменения проекций скорости на стыке отрезков;

– предложена структурная схема программного модуля, построенного на базе микроконтроллера STM32 и операционной системы реального времени FreeRTOS. Схема включает два параллельных потока: первый отвечает за расчет параметров текущего кадра, второй – за упреждающий расчет скорости переключения для будущих кадров. Синхронизация потоков реализована с помощью семафора, что гарантирует корректную работу в реальном времени;

– предложен метод предварительного расчета замедления, выполняемого вторым потоком на несколько кадров вперед. Обеспечивается безопасная остановка электроприводов при исчерпании буфера или резком изменении траектории с учетом ограничения ускорения.

– предложена формула расчета уровня компаратора таймера, учитывающая дробную часть переменной перемещения. Данное решение позволяет компенсировать дрожание импульсов, обеспечивая их равномерное распределение внутри тактового интервала и повышает плавность движения электроприводов.

## Список литературы

1. Дивеев А. И., Шмалько Е. Ю. К практической реализации решения задачи оптимального управления // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 2 (30). С. 37–46. DOI: 10.21685/2307-4205-2020-2-6.

2. Веселов О. В., Баталов А. В., Логинов Д. Д. Взаимосвязанное управление электроприводами экзоскелета // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 5–1. С. 12–17. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39143 (дата обращения: 21.06.2026). DOI: 10.17513/snt.39143.

3. Мостовской М. В., Слепцов В. В., Лемещенко С. М. Имитационная модель следящего электропривода многокоординатных обрабатывающих центров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2025. № 3. С. 5–15. DOI: 10.21685/2307-5538-2025-3-1.

4. Иванов В. М. Динамическая компенсация параметров в следящих электроприводах // Известия вузов. Электромеханика. 2021. Т. 64. № 3. С. 36–44. DOI: 10.17213/0136-3360-2021-3-36-44.

5. Белоусов И. В., Самосейко В. Ф., Саушев А. В. Оптимальная широтно-импульсная модуляция в системе управления электроприводом // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 3. С. 463–471. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-463-471.

6. Зеленский А. А., Абдуллин Т. Х., Алепко А. В., Илюхин Ю. В. Повышение производительности контурной механической обработки путем сглаживания пространственной кусочно-линейной траектории и квазиоптимального планирования подач // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2022. № 2 (743). С. 3–17. DOI: 10.18698/0536-1044-2022-2-3-17.

7. Mercy T., Jacquod N., Herzog R., Pipeleers G. Spline-Based Trajectory Generation for CNC Machines // IEEE Transactions on Industrial Electronics. Aug. 2019. Vol. 66. Is. 8. P. 6098–6107. DOI: 10.1109/TIE.2018.2874617.

8. Иванов В. М. Имитационная модель сплайн-интерполяции кусочно-линейной траектории для станков с ЧПУ // Компьютерные исследования и моделирование. 2025. Т. 17. № 2 С. 225–242. DOI: 10.20537/2076-7633-2025-17-2-225-242.

9. Полющенков И. С. Разработка программного обеспечения электропривода для группового управления в электромеханической системе // Вестник ИГЭУ. 2022. Вып. 4. С. 53–63. DOI: 10.17588/2072-2672.2022.4.053-063.

10. Шулаев И. Д., Поляков А. Н., Крылова С. Е. Обзор научно-проектных решений по изготовлению станков с ЧПУ на основе мехатронных модулей // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 105–110. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38623 (дата обращения: 21.06.2026). DOI: 10.17513/snt.38623.

11. Ключев В. И. Теория электропривода: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с. [Электронный ресурс]. URL: https://lib-bkm.ru/load/65-1-0-1860 (дата обращения: 23.07.2026). ISBN 5-283-00642-5.

12. Ni H., Zhang C., Chen Q., Ji S., Hu T., Liu Y. A novel time-rounding-up-based feedrate scheduling method based on S-shaped ACC/DEC algorithm // International Journal of Advanced manufacturing Technology. 2019. Vol. 104. Is. 1. P. 2073–2088. DOI: 10.1007/s00170-019-03882-0.

13. Греков Э. Л., Шелихов Е. С., Безгин А. С. Алгоритм работы программного обеспечения системы управления солнечным трекером // Научно-технический вестник Поволжья 2025. № 12. С. 327–332. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=88749278 (дата обращения: 23.07.2026).

14. Греков Э. Л., Шелихов Е. С. Модельно-алгоритмическое обеспечение для автоматизированного электропривода системы слежения за Солнцем // Электротехника. 2023. № 4 (94). С. 8–14. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50760836 (дата обращения: 23.07.2026). DOI: 10.3103/S1068371223040041.

15. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2023683275. Программа управления солнечным трекером на базе STM32 Tracker_STM32_v.1.0 / Греков Э. Л., Шелихов Е. С. // правообладатель Оренбург. гос. ун-т. № 2023681448 заявл. 19.10.2023 опубл. 07.11.2023. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56002582 (дата обращения: 23.07.2026).

16. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2023682543. Программа управления солнечным трекером на шаговых двигателях Tracker_v.1.0 / Греков Э. Л., Шелихов Е. С. // правообладатель Оренбург. гос. ун-т. № 2023681455 заявл. 19.10.2023 опубл. 26.10.2023. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56001681 (дата обращения: 23.07.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.
**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.
**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.85
DOI

CC BY 4.0

# РАЗРАБОТКА МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОГО ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ КЛИЕНТСКИХ ОБНОВЛЕНИЙ

**[1]Ермаков С. Р. ORCID ID 0000-0001-6082-1765,**
**[1, 2]Зыков С. В. ORCID ID 0000-0002-2115-5461**

*[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Российская Федерация, e-mail: ermakov_s@mirea.ru;*
*[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет „Высшая школа экономики“», Москва, Российская Федерация*

При федеративном обучении с неоднородными клиентскими данными и переменными задержками запоздавшие обновления могут ухудшать качество модели, а обмен параметрами с глобальным сервером увеличивает сетевую нагрузку. Целью исследования является разработка и теоретико-экспериментальное обоснование метода и алгоритмов адаптивного федеративного обучения с учетом распределенного запаздывания клиентских обновлений. Для обоснования разрабатываемых решений использованы событийная и непрерывная модели градиентных обновлений, спектральный анализ устойчивости, вероятностные оценки возраста и расхождения обновлений, а также оценка изменения градиента по кривизне функции потерь. Получены характеристическое уравнение и условие определения критического шага обучения. Разработан метод с выбором шага обучения и числа локальных шагов, оценивающий применимость запаздывающих обновлений. Предложены алгоритмы иерархического агрегирования с проверкой совместимости результатов и инкрементального дерева решений с раздельной адаптацией параметров и структуры. Вычислительные сравнения подтвердили сокращение передачи данных при выполнении ограничений качества и эффективность отбора обновлений. Поэтапным отключением компонентов оценен их вклад в качество обучения и ресурсные затраты. Полученные результаты подтверждают применимость решений при переменных задержках в условиях неоднородности клиентских данных.

**Ключевые слова: федеративное обучение, асинхронное обучение, неоднородные данные, распределенное запаздывание, иерархическое агрегирование, дерево решений**

# DEVELOPMENT OF A METHOD AND ALGORITHMS FOR ADAPTIVE FEDERATED LEARNING CONSIDERING DISTRIBUTED DELAYS IN CLIENT UPDATES

**[1]Ermakov S. R. ORCID ID 0000-0001-6082-1765,**
**[1, 2]Zykov S. V. ORCID ID 0000-0002-2115-5461**

*[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “MIREA – Russian Technological University”, Moscow, Russian Federation, e-mail: ermakov_s@mirea.ru;*
*[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research University Higher School of Economics”, Moscow, Russian Federation*

In federated learning with heterogeneous client data and variable delays, stale updates may degrade model quality, while parameter exchange with the global server increases network load. The aim of the study is to develop and provide theoretical and experimental justification for a method and algorithms of adaptive federated learning that account for distributed delays in client updates. The proposed solutions are substantiated using event-based and continuous models of gradient updates, spectral stability analysis, probabilistic estimates of update age and divergence, and estimation of gradient variation based on the curvature of the loss function. A characteristic equation and a condition for determining the critical learning rate are obtained. A method is developed for selecting the learning rate and the number of local steps while estimating the applicability of stale updates. Algorithms are proposed for hierarchical aggregation with result compatibility checking and for an incremental decision tree with separate adaptation of model parameters and structure. Computational comparisons confirm reduced data transmission under learning quality constraints and effective update selection. The contribution of individual components to learning quality and resource costs is assessed by sequentially disabling them. The results confirm the applicability of the proposed solutions under variable delays and heterogeneous client data.

**Keywords: federated learning, asynchronous learning, heterogeneous data, distributed delay, hierarchical aggregation, decision tree**

## Введение

При иерархическом федеративном обучении (ФО) в интеллектуальных системах (ИС) параметры общей (глобальной, серверной) модели машинного обучения уточняются по результатам локальных вычислений на клиентских устройствах, передаваемым на глобальный сервер после промежуточного агрегирования на туманных узлах, без передачи исходных данных через глобальную (WAN) сеть [1, 2]. При асинхронном ФО за время формирования и доставки обновления параметры на сервере могут измениться вследствие применения других обновлений. Таким образом, результат окажется рассчитанным для прежней версии параметров общей модели.

Следовательно, при применении таких обновлений возможны колебания параметров и ухудшение качества обучения. В существующих решениях регулируются число локальных шагов [3], версионное устаревание [4] и доля клиентских результатов, допущенных к агрегированию [5]. В беспроводных сетях расписание передачи и веса агрегирования выбираются с учетом качества канала, представительности данных и возраста обновлений [6]. Однако ограничение версионного устаревания само по себе не определяет физический возраст обновлений. При неоднородности вычислительных и коммуникационных ресурсов клиентов [7] одинаковому числу смен версий может соответствовать разный полный возраст обновления – время от считывания исходных параметров до применения результата на сервере. При оценке запаздывания только по среднему возрасту утрачиваются сведения о разбросе задержек и доле сильно запоздавших обновлений. Даже при одинаковом среднем возрасте обновлений допустимые по условию локальной устойчивости значения шага обучения могут различаться. Поэтому при выборе шага необходимо учитывать распределение возраста обновлений.

**Цель исследования** – разработка и теоретико-экспериментальное обоснование метода и алгоритмов адаптивного федеративного обучения с учетом распределенного запаздывания клиентских обновлений.

## Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании рассматривается асинхронное ФО с обновлением параметров модели методом стохастического градиентного спуска [8, 9]. При анализе влияния запаздывания на динамику параметров предполагается, что структура модели на рассматриваемом интервале времени не изменяется. Пусть $w_k$ – вектор $d$ параметров общей модели на глобальном сервере перед применением обновления $k$, $F(w)$ – общая целевая функция, $\eta > 0$ – шаг обучения, $f_k$ – номер потока от туманного узла, $g_{f_k}$ – стохастический градиент, $s_k$ – число изменений версии между считыванием параметров и применением:

$$w_{k+1} = w_k - \eta g_{f_k}\left(w_{k-s_k}\right). \tag{1}$$

Введем локальную траекторию $u_{k,e}$ при выполнении $E$ локальных шагов до передачи результата, начинающуюся из состояния общей модели $w_{k-s_k}$:

$$u_{k,0} = w_{k-s_k}, u_{k,e+1} = u_{k,e} - \eta g_{f_k,e}\left(u_{k,e}\right), e = 0,\ldots,E-1, \tag{2}$$

где $g_{f_k,e}$ – стохастический градиент на $e$-м локальном шаге для потока $f_k$. Результирующее обновление после $E$ локальных шагов определяется как

$$\Delta_k^{(E)} = u_{k,E} - u_{k,0} = -\eta\sum_{e=0}^{E-1} g_{f_k,e}\left(u_{k,e}\right), w_{k+1} = w_k + \Delta_k^{(E)}. \tag{3}$$

При $E = 1$ и $g_{f_k,0} = g_{f_k}$ имеем

$$\Delta_k^{(1)} = -\eta g_{f_k}\left(w_{k-s_k}\right), \tag{4}$$

поэтому (3) сводится к одношаговой событийной модели (1). При $E > 1$ одно событие применения на глобальном сервере соответствует результирующему обновлению, сформированному последовательностью $E$ локальных шагов.

Момент применения $k$-го обновления обозначим $t_k$, его возраст – $A_k$; соответствующий момент считывания исходных параметров равен $t_k - A_k$. События применения обновлений нумеруются в хронологическом порядке, поэтому $0 \le t_0 < t_1 < \ldots$ . После применения каждого обновления версия параметров общей модели увеличивается на единицу. При $A_k = 0$ полагается, что считывание исходных параметров предшествует применению обновления.

Для произвольного момента времени $t$ число примененных обновлений $n(t)$ и траектория параметров $\tilde{w}(t)$ определяются как

$$n(t) = \#\{k : 0 \le t_k < t\}, \quad \tilde{w}(t) = w_{n(t)}, \quad t \ge 0. \tag{5}$$

где # – число элементов. Для обновлений, сформированных до $t = 0$, траектория $\tilde{w}(t)$ при $t < 0$ задается так, чтобы $w_{k-s_k} = \tilde{w}(t_k - A_k)$. Для начального состояния $w_0$ и шума $\xi_k = g_{f_k}\left(w_{k-s_k}\right) - \nabla F\left(w_{k-s_k}\right)$

$$\tilde{w}(t) = w_0 - \eta \sum_{k:0 \le t_k < t} \left[\nabla F\left(\tilde{w}(t_k - A_k)\right) + \xi_k\right]. \tag{6}$$

Для $N_{\text{fog}}$ туманных узлов $N_f$ – число обновлений, поступивших от $f$-го туманного узла и примененных на глобальном сервере за время наблюдения $T_{\text{obs}}$, а $\rho_f = N_f / T_{\text{obs}}$ – интенсивность их применения, $c^{-1}$. Через $K_f(\tau)$ обозначается неотрицательное ядро распределения возраста обновлений от $f$-го туманного узла, $\int_0^\infty K_f(\tau)\,d\tau = 1$. При постоянных $\rho_f$, $K_f$ и структуре модели остаток усреднения $R(t)$ определяется равенством

$$\tilde{w}(t) = w_0 - \eta \sum_{f=1}^{N_{\text{fog}}} \rho_f \int_0^t \int_0^\infty K_f(\tau) \nabla F\left(\tilde{w}(u-\tau)\right) d\tau\, du + R(t). \tag{7}$$

Здесь $u$ – время интегрирования; в $R(t)$ входят накопленный шум и ошибка замены событийной суммы интегралом. Для получения непрерывного детерминированного приближения принимается условие

$$E\left[\xi_k, \mid, w_{k-s_k} f_k A_k\right] = 0, \tag{8}$$

где $E$ – математическое ожидание. Условие (8) означает, что в непрерывном приближении систематическое смещение среднего градиента отдельного потока относительно $\nabla F\left(w_{k-s_k}\right)$ не учитывается. Поэтому модель применима к режимам, в которых такое смещение отсутствует либо пренебрежимо мало.

Пренебрегая $R(t)$ и дифференцируя интегральное уравнение, получаем уравнение с распределенным запаздыванием для непрерывного детерминированного приближения $w(t)$ с прежними начальным состоянием и предысторией:

$$\dot{w}(t) = -\eta \sum_{f=1}^{N_{\text{fog}}} \rho_f \int_0^\infty K_f(\tau) \nabla F\left(w(t-\tau)\right) d\tau. \tag{9}$$

Для интервала длительности $T$ положим $\varepsilon_T = \sup_{0 \le t \le T} \left\|R(t)\right\|$, $\rho = \sum_f \rho_f$. При липшицевости градиента с константой $L$ в области траекторий

$$\sup_{0 \le t \le T} \left\|\tilde{w}(t) - w(t)\right\| \le \varepsilon_T \exp(\eta \rho L T). \tag{10}$$

где $\|\cdot\|$ – евклидова норма. При малом $\varepsilon_T$ оценка (10) обеспечивает малость отклонения непрерывной траектории от событийной.

Для анализа локальной устойчивости в окрестности стационарного состояния $w^*$ введены возмущение $x = w - w^*$ и гессиан $H = \nabla^2 F\left(w^*\right)$. Градиент целевой функции представлен в виде

$$x(t) = w(t) - w^*, \quad \nabla F\left(w^* + x\right) = Hx + o\left(\|x\|\right). \tag{11}$$

Остаток $o(\|x\|)$ имеет более высокий порядок малости. Дальнейший анализ затухания проводится в собственных направлениях $j$ гессиана $H$, для которых соответствующие собственные значения $h_j > 0$. Для такого направления $j$, комплексного $z$ и преобразования Лапласа $\Phi_f(z) = \int_0^\infty K_f(\tau) e^{-z\tau}\, d\tau$

$$\Delta_j(z;\eta) = z + \eta h_j \sum_{f=1}^{N_{\text{fog}}} \rho_f \Phi_f(z) = 0. \tag{12}$$

где $\Delta_j$ – характеристическая функция, $\alpha(\eta)$ – верхняя грань действительных частей ее корней по всем рассматриваемым направлениям $j$ с $h_j > 0$. При $\alpha(\eta) < 0$ малые возмущения затухают локально во всех этих направлениях; $\eta_{\text{crit}}$ – шаг первой потери устойчивости.

Обновления $\Delta_{\text{local}}^{(E)}$ и $\Delta_{\text{step}}^{(E)}$ соответствуют агрегированию соответственно после $E$ локальных шагов и после каждого шага при одинаковых исходных параметрах, весах и мини-батчах:

$$D_E = \frac{\Delta_{\text{local}}^{(E)} - \Delta_{\text{step}}^{(E)}}{\Delta_{\text{step}}^{(E)} + \varepsilon_D}. \tag{13}$$

Деление на нуль исключается $\varepsilon_D > 0$. Для обратной связи фактическое $D_E$ вычисляется периодически: $\Delta_{\text{step}}^{(E)}$ получают последовательным агрегированием после каждого локального шага на тех же мини-батчах. Такая проверка требует дополнительных градиентных вычислений и локального обмена между клиентами и туманным узлом, поэтому ее не следует выполнять в каждом цикле обновления.

Оценка расхождения $\hat{D}_E^{\text{FH}}$ рассчитывается с исходными фиксированными гессианами, оценка дисперсии $V_{D,E}$ – по предшествующим мини-батчам при независимости градиентных шумов. Для построения расчетного одностороннего критерия используется поправка Чебышева – Кантелли

$$\hat{D}_{E,\delta_E}^{\text{C}} = \hat{D}_E^{\text{FH}} + c_{\delta_E}\sqrt{V_{D,E}}, \;\; c_{\delta_E} = \sqrt{\frac{1-\delta_E}{\delta_E}}, \;\; 0 < \delta_E < 1. \tag{14}$$

Величины $\hat{D}_E^{FH}$ и $V_{D,E}$ не трактуются как точные математическое ожидание и дисперсия $D_E$, поэтому (14) используется как оценочный критерий выбора числа локальных шагов, проверяемый по фактическим значениям $D_E$. При предельном расхождении $D_{\max}$ множество допустимых значений числа локальных шагов определяется как

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \{1\} \cup \left\{E \in \{2,4,8\} : \hat{D}_{E,\delta_E}^{C} \le D_{\max}\right\}, \; E_{\text{safe}} = \max \varepsilon_{\text{доп}}. \tag{15}$$

При $E = 1$ обновления $\Delta_{\text{local}}^{(1)}$ и $\Delta_{\text{step}}^{(1)}$ совпадают, поэтому $D_1 = 0$ и множество $\varepsilon_{\text{доп}}$ не пусто. Число локальных шагов выбирается непосредственно из $\varepsilon_{\text{доп}}$; величина $E_{\text{safe}}$ обозначает его максимальное допустимое значение.

При классификации методами федеративного обучения необходимо учитывать неоднородность клиентских выборок и изменение их распределений [10]. Авторами в качестве классификатора исследуется инкрементальное дерево решений, позволяющее адаптировать структуру к поступающим данным без полного переобучения: расщепления выполняются по накопленной статистике [11, 12], а параметры листьев обновляются отдельно. При классификации с помощью дерева $T_e$ версии структуры $e$ вероятность класса 1 в листе $l$ равна

$$p_l(x) = \sigma\left(\theta_l^{\mathsf{T}} \tilde{x}\right),$$

где $x$ – вектор признаков, $\theta_l$ – параметры листа, $\tilde{x} = (1, x^{\mathsf{T}})^{\mathsf{T}}$, $\mathsf{T}$ – транспонирование, $\sigma(z) = 1/\left(1+e^{-z}\right)$ – логистическая функция. Для метки $y \in \{0,1\}$ потеря Брайера $\ell_{\text{B}}$ и ее градиент:

$$\ell_{\text{B}}(p_l, y) = (p_l - y)^2, \;\; \nabla_{\theta_l}\ell_{\text{B}} = 2(p_l - y)\, p_l (1 - p_l)\tilde{x}. \tag{16}$$

Для возраста обновления $A$ порог Чебышева – Кантелли при среднем $\mu_A$, стандартном отклонении $\sigma_A < \infty$ и риске превышения $0 < \delta_A < 1$ равен по аналогии с (14)

$$A_{\delta_A} = \mu_A + \sqrt{\frac{1-\delta_A}{\delta_A}}\,\sigma_A. \tag{17}$$

При использовании выборочных оценок $\hat{\mu}_A$ и $\hat{\sigma}_A$, рассчитанных по предшествующим наблюдениям, значение (17) рассматривается как порог оценки. При изменении распределения возраста оценки моментов и порог пересчитываются. Допускаются обновления для текущей версии структуры $e$ с возрастом $a \le A_{\delta_A}$. В буфере $B_e$ накапливаются счетчики классов для кандидатов $C_e$ на расщепление. Для кандидата $(j,t)$ используется уменьшение критерия Джини

$$\hat{Q}(j,t) = G(S) - \frac{n_L}{n} G(S_L) - \frac{n_R}{n} G(S_R), G(S) = 1 - \sum_c \hat{p}_c^{\,2}, \tag{18}$$

где $S$ – наблюдения текущего листа, $S_L$ и $S_R$ – их части после расщепления, $n = n_L + n_R$ – число уникальных наблюдений текущего листа и текущей версии структуры, учтенных в объединенных клиентских счетчиках. Пусть $\hat{Q}_{(1)}$ и $\hat{Q}_{(2)}$ – два наибольших значения выигрыша среди рассматриваемых кандидатов. Для рассматриваемых бинарных задач классификации $R_Q = 1/2$. Тогда

$$\varepsilon_{\text{H}}(n, \delta_H) = \sqrt{\frac{R_Q^2 \ln(1/\delta_H)}{2n}}, \;\; \hat{Q}_{(1)} - \hat{Q}_{(2)} > \varepsilon_{\text{H}}, \;\; \hat{Q}_{(1)} \geq Q_{\min}^{\text{split}}. \tag{19}$$

Граница Хеффдинга предполагает независимость наблюдений и стационарность ожидаемых выигрышей; повторное использование тех же наблюдений при обучении параметров листьев не увеличивает $n$.

При агрегировании клиентский результат задается кортежем $U_i = (I_i, e_i, v_i, s_i, W_i, G_i)$, где $I_i$ – идентификаторы клиентских результатов, $e_i$, $v_i$ – версии структуры и параметров, $s_i$ – идентификатор правил, $W_i$ – вес, $G_i = W_i \Delta_i$. Совместимы результаты с общими $e, v, s$, непересекающимися $I_i$, положительными конечными весами и векторами одинаковой размерности. На туманном и серверном уровнях объединяются идентификаторы и суммируются веса и взвешенные обновления; $\Delta_{\text{agg}} = G / W$ [13]. Для исходных и текущих параметров

$$R_H = \frac{\left\| H_v (w_t - w_v) \right\|}{\left\| \ddot{\text{A}}_{\text{agg}} \right\| + \varepsilon_{\text{agg}}}, \;\; H_v = \nabla^2 F_s(w_v), \tag{20}$$

где $F_s$ – целевая функция для конфигурации $s$.

При линеаризации $\nabla F_s(w_t) - \nabla F_s(w_v) = H_v(w_t - w_v) + r$ остаток $r$ отдельно не ограничивается, поэтому условие $\eta R_H \leq \delta_{\text{agg}}$ используется как эвристический локальный критерий, а не как строгая верхняя граница фактического рассогласования.

Экспериментальная проверка математического аппарата и разрабатываемых решений проведена на датасетах MNIST, ACSIncome, Electricity и Fed-Heart. Выполнены стендовые испытания и имитация взаимодействия клиентов и сетевых задержек в соответствии с архитектурой, представленной в статье [14]. Для результатов парных запусков дополнительно оценивались 95 %-ные доверительные интервалы (ДИ) парных различий методом процентильного бутстрепа по 20 000 ресэмплам.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Для дискретных обновлений (1) с помощью временного представления (5) получено точное событийное равенство (6). После усреднения по времени и возрасту в (7) получено непрерывное приближение (9); его точность оценивается по (10).

В окрестности стационарного состояния $w^*$, где $\nabla F(w^*) = 0$, после подстановки линеаризации (11) в (9) и отбрасывания остатка высшего порядка получено уравнение для малых отклонений параметров:

$$\dot{x}(t) = -\eta \sum_{f=1}^{N_{\text{fog}}} \rho_f H \int_0^\infty K_f(\tau) x(t-\tau) d\tau. \tag{21}$$

Для собственного вектора $q_j$ гессиана, $Hq_j = h_j q_j$, и ненулевой комплексной амплитуды $c_j$ собственная мода уравнения (21) имеет вид

$$x(t) = q_j c_j e^{zt}. \tag{22}$$

Подстановкой (22) в (21) получено характеристическое уравнение (12) для показателя $z$. При $z = a + i\omega$, где $a$ – действительная часть корня, $\omega$ – угловая частота, $i$ – мнимая единица, амплитуда пропорциональна $e^{at}$. При $a < 0$ отклонение затухает, при $a > 0$ – растет; вещественные колебания получаются объединением комплексно-сопряженных мод.

Возможные критические значения шага находятся из условия наличия чисто мнимого характеристического корня:

$$\Delta_j(i\omega_{\text{crit}}; \eta_{\text{crit}}) = 0, \;\; \omega_{\text{crit}} \geq 0. \tag{23}$$

где $\omega_{\text{crit}}$ – угловая частота критической моды.

Значение из (23) принимается за $\eta_{\text{crit}}$ при первой смене знака $\alpha(\eta)$ с отрицательного на положительный. Характеристические корни вычислялись методом Ньютона по сетке начальных приближений в комплексной плоскости с допустимой невязкой $10^{-8}$. Полнота поиска правейшего корня контролировалась повторным расчетом в расширенной области по действительной и мнимой частям; результаты базового и расширенного поиска считались согласованными при различии правейших корней не более $2\cdot10^{-7}$. Область поиска расширялась до стабилизации наибольшей найденной действительной части. Дополнительно проверялись знак действительной части до и после $\eta_{\text{crit}}$, сопряженность критической пары и отсутствие совпадения с полюсами.

Для проверки применимости полученной границы к дискретно-событийной динамике выполнено сравнение режимов обучения при значениях параметра шага ниже и выше $\eta_{\text{crit}}$. Проверка проведена на модели TinyMLP – полносвязной нейронной сети с одним скрытым слоем, включающей 784 входа, 4 нейрона с функцией активации ReLU и 10 выходов (3190 параметров), – в однородном и неоднородном режимах поступления обновлений. В дискретно-событийной модели при $\eta < \eta_{\text{crit}}$ норма градиента затухала, а при $\eta > \eta_{\text{crit}}$ возрастала. Поэтому рассчитанная граница используется как ограничение параметра отдельного градиентного шага при фиксированной структуре модели.

Для расчета критических значений шага обучения ядра распределения возраста обновлений $K_f(\tau)$ представлены редуцированными распределениями [15]: в однородном (О) режиме – гамма-распределением с параметрами $\alpha_f$, $\theta_f$ в умеренном (У) и неоднородном (НО) – смесью двух распределений Эрланга

$$K_f = q_f \operatorname{Erl}\left(k_{1f}, \theta_{1f}\right) + \left(1 - q_f\right) \operatorname{Erl}\left(k_{2f}, \theta_{2f}\right). \tag{24}$$

Интенсивности $\rho_f$ и параметры редуцированных ядер приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

Параметры редуцированных ядер распределения возраста

| Режим | $f$ | $\rho_1$, с$^{-1}$ | $\alpha_f$ | $\theta_f$, с | $q_f$ | $k_{1f}$ | $\theta_{1f}$, с | $k_{2f}$ | $\theta_{2f}$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| О | 1 | 16,7203 | 27,1775 | 0,00329088 | – | – | – | – | – |
| | 2 | 16,4068 | 36,8636 | 0,00223386 | – | – | – | – | – |
| | 3 | 17,0338 | 42,8303 | 0,00210190 | – | – | – | – | – |
| У | 1 | 16,6910 | – | – | 0,302141 | 237 | 0,000108763 | 75 | 0,000404280 |
| | 2 | 16,6910 | – | – | 0,462479 | 173 | 0,000390460 | 18 | 0,00485575 |
| | 3 | 16,6910 | – | – | 0,461915 | 103 | 0,000836365 | 21 | 0,00541527 |
| НО | 1 | 28,6379 | – | – | 0,451599 | 256 | 0,0000400104 | 256 | 0,0000472330 |
| | 2 | 14,3190 | – | – | 0,334707 | 118 | 0,000449937 | 21 | 0,00322166 |
| | 3 | 6,8482 | – | – | 0,496937 | 84 | 0,00194216 | 10 | 0,0299423 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Для $H = \operatorname{diag}(1,2,4)$ расчет по (12) с проверкой (23) выполнен в направлении наибольшей кривизны $h_{\max} = 4$. Полученные критические значения шага $\eta_{\text{crit}}$ и соответствующие критические частоты $\omega_{\text{crit}}$ приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

Критические значения шага обучения

| Режим нагрузки | Распределение возраста | $\eta_{\text{crit}}$ | $\omega_{\text{crit}}$, с$^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| Однородный | Гамма-распределение | 0,093206 | 18,0049 |
| Умеренный | Смесь двух распределений Эрланга | 0,160739 | 23,1209 |
| Неоднородный | Смесь двух распределений Эрланга | 1,083997 | 140,2014 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Полученные результаты положены в основу метода (рис. 1), предназначенного для сокращения объема передачи данных через глобальную сеть при заданном качестве обучения и распределенном запаздывании клиентских обновлений. До локальных вычислений по предшествующим наблюдениям определяется порог возраста (17), а по распределению возраста, интенсивностям обновлений и локальной кривизне – $\eta_{\text{crit}}$ из (12) с проверкой (23),

после чего выбирается $\eta < \eta_{\text{crit}}$. Для выбранного шага по (14), (15) определяется множество $\varepsilon_{\text{доп}}$, из которого в цикле $m$ выбирается $E_m$. В контрольных циклах вычисляется $D_{Em}$ по (13); при $D_{Em} > D_{\max}$ число локальных шагов последующих циклов уменьшается. При изменении распределения возраста или интенсивности обновлений границы пересчитываются.

*Рис. 1. Метод сокращения объема передачи данных через глобальную сеть в ИС на основе ФО*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Псевдокод 1. Алгоритм иерархического агрегирования**

**Вход:** результаты $U_i = (I_i, e_i, v_i, s_i, W_i, G_i)$, разбиение непустыми группами $\{C_f\}$, точные $w_v$, $w_t$, операция $u \mapsto H_v u$ для $H_v = \nabla^2 F_s(w_v)$, $\eta > 0$, $\delta_{\text{agg}} > 0$ и $\varepsilon_{\text{agg}} > 0$; $s$ задает логистическую модель, один шаг и фиксированную топологию

**Выход:** для совместимых результатов – $U$, $\Delta_{\text{agg}}$, $R_H$ и $d_{\text{agg}} \in \{\text{ПРИМЕНИТЬ, ПЕРЕСЧИТАТЬ}\}$; иначе – прекращение агрегирования

1. **для** каждого туманного узла $f$ **выполнить**
2. **если** результаты $\{U_i : i \in C_f\}$ несовместимы **то**
3. Прекратить агрегирование
4. Вычислить $I_f = \bigcup_{i \in C_f} I_i$, $W_f = \sum_{i \in C_f} W_i$ и $G_f = \sum_{i \in C_f} G_i$; сформировать $U_f = (I_f, e, v, s, W_f, G_f)$
5. **если** промежуточные агрегаты $\{U_f\}$ несовместимы **то**
6. Прекратить агрегирование
7. В облаке вычислить $I = \bigcup_f I_f$, $W = \sum_f W_f$ и $G = \sum_f G_f$; сформировать $U = (I, e, v, s, W, G)$
8. Вычислить $\Delta_{\text{agg}} = G / W$
9. Вычислить $R_H = H_v(w_t - w_v) / (\Delta_{\text{agg}} + \varepsilon_{\text{agg}})$ без формирования гессиана в явном виде
10. **если** $\eta R_H \le \delta_{\text{agg}}$ **то**
11. Атомарно применить $\Delta_{\text{agg}}$, зафиксировать $I$; $d_{\text{agg}} \leftarrow$ ПРИМЕНИТЬ
12. **иначе**
13. Не изменять модель и $I$; $d_{\text{agg}} \leftarrow$ ПЕРЕСЧИТАТЬ

Также разработан алгоритм иерархического агрегирования (псевдокод 1): совместимые клиентские обновления объединяются через туманные узлы с проверкой версий структуры и параметров, правил вычисления и отсутствия повторных вкладов; итоговый агрегат определяется как $\Delta_{agg} = G / W$. Для одношаговой логистической модели с бинарной перекрестной энтропией применимость агрегата оценивается по $R_H$ из (20): при $\eta R_H \le \delta_{agg}$ он применяется, иначе отклоняется, а новые обновления рассчитываются в следующем цикле по актуальным параметрам.

В качестве классификатора используется инкрементальное дерево решений с логистическими моделями в листьях (псевдокод 2). При фиксированной структуре параметры листьев обучаются по (16); к объединению допускаются результаты текущей версии структуры $e$ с возрастом $a \le A_{\delta_A}$ по (17), а счетчики классов накапливаются в буфере $B_e$. Каждые $g_{split} \ge 1$ циклов при наличии не менее $n_{min}$ наблюдений и двух кандидатов проверяется возможность расщепления: если для лучшего кандидата $(j^*, t^*)$ выполнены условия (19), лист расщепляется, версия структуры увеличивается, а буфер прежней версии очищается; иначе накопление статистики продолжается. Условие $\eta < \eta_{crit}$ применяется только к параметрическим обновлениям при фиксированной структуре дерева. После структурного перехода ранее рассчитанная граница на новую структуру не переносится и определяется заново для нового состояния модели.

**Псевдокод 2. Алгоритм инкрементального дерева решений**

**Вход:** $T_e$; $\mu_A$, $\sigma_A$, $\eta_{crit}$, $\mathcal{E}_{доп}$; $\mathcal{B}_e(n, \mathcal{C}_e, R_Q)$; $0 < \delta_A, \delta_H < 1$, $n_{min}$, $Q_{min}^{split}$, цикл $r$ и период $g_{split} \ge 1$

**Выход:** обновленные параметры листьев и дерево версии $e$ или $e+1$

1. Вычислить $A_{\delta_A}$ по (17)
2. До локального обучения выбрать $\eta < \eta_{crit}$ и $E \in \mathcal{E}_{доп}$; передать клиентам $(T_e, e, \eta, E)$
3. Получить результаты; оставить результаты для текущей версии структуры $e$ с $a \le A_{\delta_A}$
4. Объединить изменения листьев и добавить их счетчики в $\mathcal{B}_e$
5. **если** $r \bmod g_{split} = 0$, $n \ge n_{min}$ и $|\mathcal{C}_e| \ge 2$ **то**
   6. Найти лучший $(j^*, t^*)$, $\hat{Q}_{(1)}$, $\hat{Q}_{(2)}$ по (18) и $\varepsilon_H$ по (19)
   7. **если** $\hat{Q}_{(1)} - \hat{Q}_{(2)} > \varepsilon_H$ и $\hat{Q}_{(1)} \ge Q_{min}^{split}$ **то**
      8. Расщепить лист по $(j^*, t^*)$, создать два листа, положить $e \leftarrow e+1$ и очистить $\mathcal{B}_e$

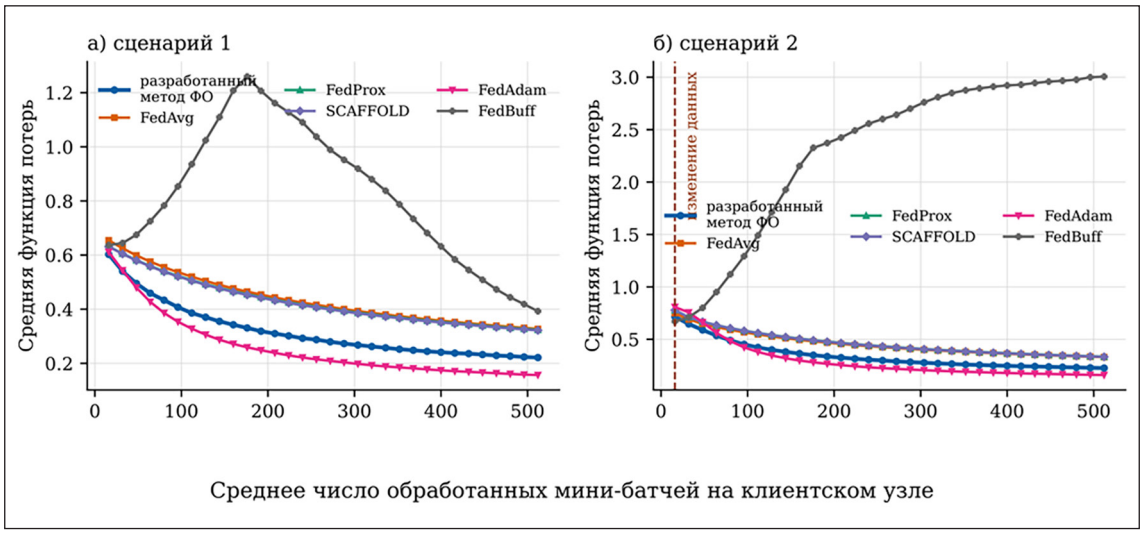



*Рис. 2. Изменение функции потерь: а) сценарий 1; б) сценарий 2*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Для сравнения качества обучения проведены стендовые испытания на задаче, сформированной на основе MNIST, с девятью клиентами и бюджетом 512 мини-батчей на клиента. В сценарии 1 моделировалась выраженная неоднородность клиентских данных, в сценарии 2 – изменение их распределения в процессе обучения. На рис. 2 сопоставлена функция потерь (бинарная перекрестная энтропия) при одинаковом объеме локальных вычислений. В обоих сценариях конечное значение функции потерь для разработанного метода оказалось ниже, чем для FedAvg, FedProx, SCAFFOLD и FedBuff, и выше, чем для FedAdam.

Коммуникационные затраты той же серии экспериментов сопоставлены на рис. 3. Учтен накопленный объем прикладных сообщений между клиентами, туманными узлами и глобальным сервером. К концу сценариев 1 и 2 при разработанном методе передано соответственно 14,97 и 16,12 МиБ, при FedAvg – 39,56 и 39,57 МиБ. Среди шести сравниваемых методов наименьший объем сообщений получен при разработанном методе. Меньшая потеря FedAdam сопровождается увеличением обмена в 2,63 и 2,44 раза относительно разработанного метода.

Вклад отдельных компонентов в разработанном методе оценен путем их поочередного отключения (абляции) при одинаковых данных, исходных параметрах модели и вычислительном бюджете (табл. 3). Через *n* обозначено число пар запусков, WAN – объем обмена между туманными узлами и глобальным сервером. Изменения рассчитаны для полного метода относительно варианта с отключением: отрицательное значение означает уменьшение объема обмена или потери. Потеря за весь интервал рассчитывается как нормированная площадь под кривой после исключения начального этапа; средний участок соответствует 25–75 % интервала, завершающий – последним девяти точкам.

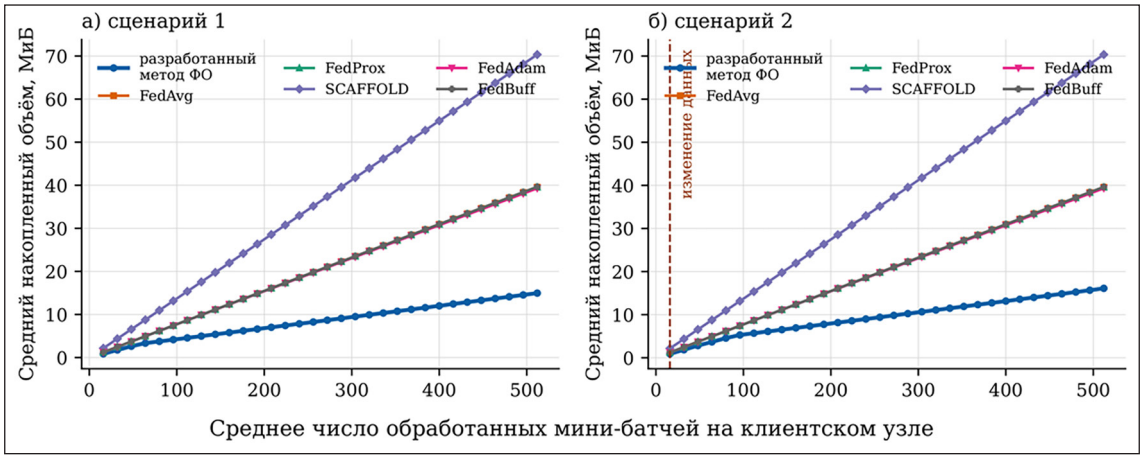



*Рис. 3. Накопленный объем прикладных сообщений: а) сценарий 1; б) сценарий 2*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 3**

Абляция компонентов: относительное изменение WAN и функции потерь, %

| Отключаемый компонент | Пар, *n* | WAN | Тестовая потеря (конечная) | Средняя потеря | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Весь интервал | Средний участок | Завершающий участок |
| Контроль задержек | 51 | –1,87 | +0,37 | +0,91 | +1,14 | +0,29 |
| Граница $E_{safe}$ | 11 | –20,79 | –0,96 | –0,45 | –0,59 | –0,86 |
| Оценка Кантелли | 51 | +0,00070 | –0,72 | –3,71 | –6,03 | –1,20 |
| Обратная связь | 151 | +0,00252 | –0,23 | –1,30 | –2,06 | –0,45 |
| Проверка по кривизне (HVP) | 31 | –28,11 | –14,86 | –52,63 | –30,25 | –48,19 |
| Версии и проверяемый кэш | 11 | –51,76 | –2,06 | –3,11 | –3,60 | –2,33 |
| Туманный уровень | 11 | –98,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

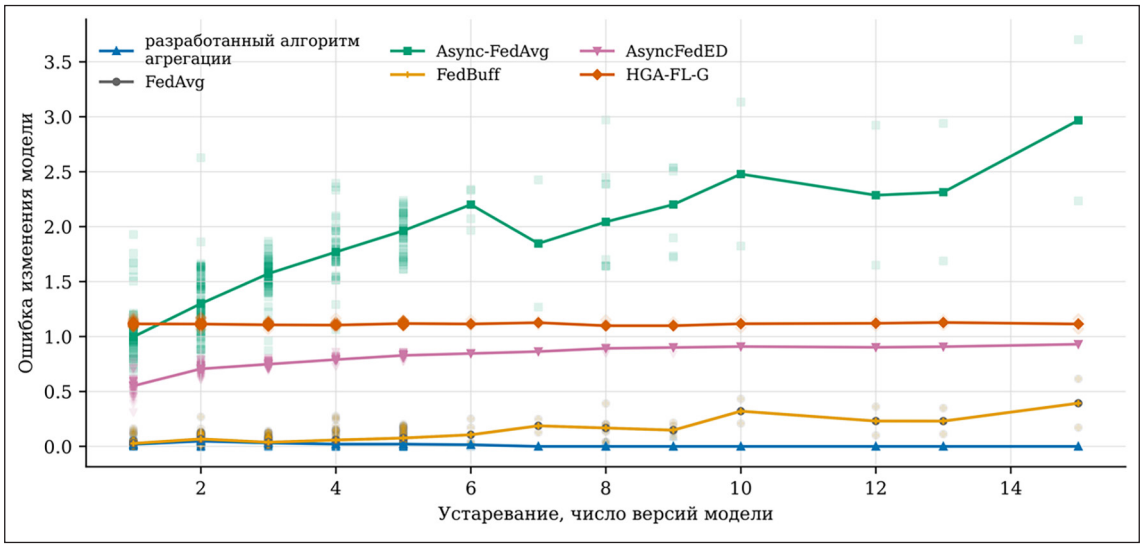



*Рис. 4. Расчетная ошибка обработки агрегата после повторного формирования в зависимости от версионного устаревания*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 4**

Качество и расчетная полезная нагрузка алгоритмов при имитации взаимодействия клиентов

| Набор и режим нагрузки | Алгоритм | Сбалансированная доля правильных ответов | Критерий Брайера | Полезная нагрузка, КиБ |
|---|---|---|---|---|
| ACSIncome, умеренный | Разработанный алгоритм | 0,7509 | 0,1740 | 17,11 |
| ACSIncome, умеренный | FedAvg MLP | 0,7161 | 0,1773 | 20,63 |
| Electricity, тяжелый | Разработанный алгоритм | 0,8277 | 0,1373 | 37,62 |
| Electricity, тяжелый | FHT | 0,8294 | 0,1515 | 133,73 |
| Fed-Heart, тяжелый | Разработанный алгоритм | 0,8011 | 0,1450 | 95,84 |
| Fed-Heart, тяжелый | FHT | 0,5491 | 0,2378 | 91,18 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Для каждой абляции выбран первичный показатель; далее указаны значения для метода по рис. 1 и без компонента, эффект и 95%-ный ДИ: контроль задержек, WAN – 2 803 154 / 2 856 668 байт, −1,87% [−2,37; −1,38]%; граница $E_{safe}$, конечная потеря–0,176189/0,177897,−0,96%[−1,12;−0,82]%; оценка Кантелли, потеря на среднем участке – 0,180267 / 0,191836, −6,03% [−6,32; −5,74]%; обратная связь – 0,177885 / 0,181621, −2,06% [−2,79; −1,30]%; HVP, потеря за весь интервал – 0,160794 / 0,339451, −52,63% [−55,32; −49,92]%; версии и кэш, завершающий участок – 0,172813 / 0,176938, −2,33% [−2,77; −1,91]%; туманный уровень, WAN – 531 580 / 28 322 752 байт, −98,12% [−98,13; −98,12]%. При контроле задержек снижение WAN сопровождалось ростом конечной потери на 0,37% [0,13; 0,63]%, что отражает компромисс между обменом и качеством.

Точность отбора агрегатов проверена на 340 сохраненных событиях обучения логистической модели MNIST при одном локальном шаге. При $\eta$ = 0,004 и $\delta_{agg}$ = 0,1 проверка по (20) ошибочно применила 1 из 84 недопустимых агрегатов и отклонила 2 из 256 допустимых. На рис. 4 ошибка обработки сопоставлена с числом изменений версии модели; для отклоненных агрегатов она рассчитана по сохраненному эталонному обновлению текущей версии. Опыт оценивает точность отбора и расчетную ошибку.

В табл. 4 разработанный алгоритм сопоставлен с FedAvg-MLP на ACSIncome и с FHT на Electricity и Fed-Heart по 30, 10 и 10 парным запускам соответственно. Расчетная полезная нагрузка включает числовые параметры и структурные счетчики без транспортных накладных расходов. У разработанного алгоритма она ниже

на ACSIncome и Electricity, но в среднем выше на Fed-Heart. Сбалансированная доля правильных ответов выше на ACSIncome и Fed-Heart, а на Electricity в среднем ниже, чем у FHT, на 0,17 процентного пункта.

95 %-ные ДИ в эксперименте получены процентильным бутстрепом. На ACSIncome (30 пар) разработанный алгоритм повысил сбалансированную точность на 0,49 п. п. [0,33; 0,64], снизил критерий Брайера на 0,0033 [0,0028; 0,0037] и полезную нагрузку примерно на 3,52 КиБ. На Electricity (10 пар) точность различалась неустойчиво: −0,17 п. п. [−1,68; 1,97], при этом критерий Брайера снизился на 0,0142 [0,0102; 0,0179], а нагрузка – примерно на 96,11 КиБ. На Fed-Heart (10 пар) точность выросла на 25,20 п. п. [18,60; 30,09], критерий Брайера снизился на 0,0928 [0,0782; 0,1055].

## Заключение

Разработаны метод адаптивного федеративного обучения, алгоритм иерархического агрегирования и алгоритм инкрементального дерева решений. Метод учитывает распределение возраста обновлений и кривизну функции потерь при выборе шага обучения и числа локальных шагов; для глобальной модели получены характеристическое уравнение и условие критического шага. В экспериментах совокупный объем прикладных сообщений относительно FedAvg сокращен на 59,3–62,2% при меньшей конечной потере. При проверке агрегатов ошибочно применен 1 из 84 недопустимых и отклонены 2 из 256 допустимых; снижение критерия Брайера составило 1,9; 9,4 и 39,0% на ACSIncome, Electricity и Fed-Heart соответственно. Дальнейшие исследования целесообразно направить на расширение области применимости метода для различных распределений данных и задержек.

## Список литературы


1. Wu J., Dong F., Leung H., Zhu Z., Zhou J., Drew S. Topology-aware Federated Learning in Edge Computing: A Comprehensive Survey // ACM Computing Surveys. 2024. Vol. 56. Is. 10. Art. 262. P. 1–41. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3659205 (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1145/3659205.

2. Liu L., Zhang J., Song S., Letaief K. B. Hierarchical Federated Learning With Quantization: Convergence Analysis and System Design // IEEE Transactions on Wireless Communications. 2023. Vol. 22. Is. 1. P. 2–18. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9834296/ (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1109/TWC.2022.3190512.

3. Xu Y., Liao Y., Xu H., Ma Z., Wang L., Liu J. Adaptive Control of Local Updating and Model Compression for Efficient Federated Learning // IEEE Transactions on Mobile Computing. 2023. Vol. 22. Is. 10. P. 5675–5689. DOI: 10.1109/TMC.2022.3186936.

4. Wu Q., Chen X., Ouyang T., Zhou Z., Zhang X., Yang S., Zhang J. HiFlash: Communication-Efficient Hierarchical Federated Learning With Adaptive Staleness Control and Heterogeneity-Aware Client-Edge Association // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 2023. Vol. 34. Is. 5. P. 1560–1579. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/10021868/ (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1109/TPDS.2023.3238049.

5. Liu J., Xu H., Wang L., Xu Y., Qian C., Huang J., Huang H. Adaptive Asynchronous Federated Learning in Resource-Constrained Edge Computing // IEEE Transactions on Mobile Computing. 2023. Vol. 22. Is. 2. P. 674–690. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9484767/ (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1109/TMC.2021.3096846.

6. Hu C.-H., Chen Z., Larsson E. G. Scheduling and Aggregation Design for Asynchronous Federated Learning Over Wireless Networks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2023. Vol. 41. Is. 4. P. 874–886. DOI: 10.1109/JSAC.2023.3242719.

7. Ye M., Fang X., Du B., Yuen P. C., Tao D. Heterogeneous Federated Learning: State-of-the-art and Research Challenges // ACM Computing Surveys. 2024. Vol. 56. Is. 3. Art. 79. P. 1–44. DOI: 10.1145/3625558.

8. Xu C., Qu Y., Xiang Y., Gao L. Asynchronous Federated Learning on Heterogeneous Devices: A Survey // Computer Science Review. 2023. Vol. 50. Art. 100595. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157401372300062X (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1016/j.cosrev.2023.100595.

9. He L., Meng Q., Chen W., Ma Z.-M., Liu T.-Y. Differential Equations for Modeling Asynchronous Algorithms // Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18). 2018. P. 2220–2226. URL: https://www.ijcai.org/Proceedings/2018/307 (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.24963/ijcai.2018/307.

10. Criado M. F., Casado F. E., Iglesias R., Regueiro C. V., Barro S. Non-IID Data and Continual Learning Processes in Federated Learning: A Long Road Ahead // Information Fusion. 2022. Vol. 88. P. 263–280. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253522000884 (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1016/j.inffus.2022.07.024.

11. Manapragada C., Gomes H. M., Salehi M., Bifet A., Webb G. I. An Eager Splitting Strategy for Online Decision Trees in Ensembles // Data Mining and Knowledge Discovery. 2022. Vol. 36. Is. 2. P. 566–619. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10618-021-00816-x (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1007/s10618-021-00816-x.

12. Esteban A., Cano A., Zafra A., Ventura S. Hoeffding Adaptive Trees for Multi-Label Classification on Data Streams // Knowledge-Based Systems. 2024. Vol. 304. Art. 112561. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095070512401195X (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1016/j.knosys.2024.112561.

13. Qi P., Chiaro D., Guzzo A., Ianni M., Fortino G., Piccialli F. Model Aggregation Techniques in Federated Learning: A Comprehensive Survey // Future Generation Computer Systems. 2024. Vol. 150. P. 272–293. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X23003333 (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1016/j.future.2023.09.008.

14. Ермаков С. Р., Зыков С. В. Внедрение моделей машинного обучения в потоковой интеллектуальной образовательной системе // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 2. С. 45–53. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40302 (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.17513/snt.40302.

15. Hurtado P. J., Kirosingh A. S. Generalizations of the ‘Linear Chain Trick’: Incorporating More Flexible Dwell Time Distributions into Mean Field ODE Models // Journal of Mathematical Biology. 2019. Vol. 79. Is. 5. P. 1831–1883. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00285-019-01412-w (дата обращения: 14.09.2026). DOI: 10.1007/s00285-019-01412-w.


**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.5:62-503.57
DOI

CC BY 4.0

# АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ВВОДА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ИНТЕРФЕЙСАХ

**[1]Журавлев Д. В. ORCID ID 0000-0002-1087-9704,**
**[1, 2]Калач А. В. ORCID ID 0000-0002-8926-3151,**
**[2]Соловьев А. С. ORCID ID 0000-0002-6150-1090,**
**[2]Золотарев Ю. Н. ORCID ID 0000-0003-0582-3009**

*[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация;*
*[2]Федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний», Воронеж, Российская Федерация,*
*e-mail: asoloviev58@yandex.ru*

Цель исследования – разработка программно-аппаратного комплекса для ввода текстовой информации при использовании интерфейса человек – компьютер. Для регистрации 8 каналов электроэнцефалограммы использовали платы Cyton и Daisy в связи с микроконтроллером PIC32MX250F128B. Фиксацию сигналов головного мозга осуществляли с помощью оригинальной гарнитуры, обеспечивающей сопротивление контакта менее 15 кОм как в сухом, так и во влажном исполнении. Для первичной обработки сигналов электроэнцефалограммы использовали программный комплекс OpenVibe. Разработана адаптивная система автоматизированного ввода текстовой информации на основе распознавания волн P300 операторов сложного диагностического оборудования в человеко-машинных интерфейсах. Адаптивность системы основана за счет организации вызванных потенциалов у оператора и автоматической корректировки параметров предобработки сигналов. Оператору демонстрировали таблицу из 36 символов. Одномоментно подсвечивали одну строку и один столбец, на пересечении которых находился символ для особого внимания оператора. Рабочие интервалы времени составляли: режим ожидания 2,5 с, время выделения символа 100 мс. Проанализированы различные системы регистрации когнитивных вызванных потенциалов. Показано, что наиболее часто для управления автоматизированными системами на основе интерфейса «мозг – компьютер» используется регистрация волн P300. Представлена методика обработки сигналов электроэнцефалограммы с целью получения управляющих электрических сигналов, а также для ввода текстовой информации. Представлена методика доведения стимулов до оператора, позволяющая получать и классифицировать отклик в виде электроэнцефалограммы, вычислять уверенность классификатора и на этой основе осуществлять ввод текста. В вычислительных экспериментах использовали классификатор на основе модели линейного дискриминантного анализа. Разработан сценарий офлайн-классификации P300-спеллера без подключения к электроэнцефалограмме регистратору и получена диаграмма уверенностей классификатора. Показано, что вероятность распознавания символов достигает 0,84.

**Ключевые слова: человеко-машинный интерфейс, волны P300, пространственный фильтр, метод опорных векторов, линейный дискриминантный анализ**

# ADAPTIVE TEXT INPUT SYSTEM IN MODERN HUMAN-MACHINE INTERFACES

**[1]Zhuravlev D. V. ORCID ID 0000-0002-1087-9704,**
**[1, 2]Kalach A. V. ORCID ID 0000-0002-8926-3151,**
**[2]Solovev A. S. ORCID ID 0000-0002-6150-1090,**
**[2]Zolotarev Yu. N. ORCID ID 0000-0003-0582-3009**

*[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University", Voronezh, Russian Federation;*
*[2]Federal State Educational Institution of Higher Education "Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service", Voronezh, Russian Federation, e-mail: asoloviev58@yandex.ru*

The aim of this study is to develop a hardware and software system for entering text information using a human-computer interface. To register 8 channels, electroencephalograms used Cyton and Daisy boards in connection with the PIC32MX250F128B microcontroller. Brain signals were captured using an original headset providing less than 15 kOhm contact resistance in both dry and wet versions. For the primary processing of signals, electroencephalograms used the OpenVibe software complex. An adaptive system for automated text input based on P300 wave recognition of operators of complex diagnostic equipment in human-machine interfaces has been developed. The adaptability of the system is based on the organization of evoked potentials by the operator and automatic correction of signal preprocessing parameters. The operator was shown a table of 36 characters. One row and one column were simultaneously highlighted, at the intersection of which there was a symbol for special attention of the operator. The working time intervals were: standby mode 2.5 s, symbol allocation time 100 ms. Various systems for recording cognitive evoked potentials have been analyzed. It has been shown that R300 wave recording is most often used to control automated systems based on the brain-computer interface. A technique for processing electroencephalogram signals in order to obtain control electrical signals, as well as for entering text information, is presented. Disclosed is a technique for communicating stimuli to an operator, which enables to obtain and classify a response in form of an electroencephalogram, calculate confidence of the classifier and use said method to enter text. In computational experiments, a classifier based on a linear discriminant analysis model was used. An offline classification scenario of the P300 speller was developed without connecting to the electroencephalogram recorder and a classifier confidence diagram was obtained. It is shown that the probability of character recognition reaches 0.84.

**Keywords: human-machine interface, P300 waves, spatial filter, support vector machine, linear discriminant analysis**

## Введение

В современных системах управления сложными технологическими процессами оператор, управляющий процессом, является активным элементом контура управления. Особое внимание в последнее время уделяется интерфейсам «мозг – компьютер» (ИМК), которые позволяют напрямую передавать команды оператора от мозга к исполнительным устройствам, минуя традиционные каналы ввода. Среди различных типов ИМК особую значимость в задачах управления занимают асинхронные и синхронные системы, основанные на регистрации событийно-связанных потенциалов, в частности волн P300.

Существует множество различных систем регистрации когнитивных вызванных потенциалов (P300; MMN; CNV; GoNoGo; P50; N400; OddBall; TOVA (Test of Variables of Attention); StroopTask; VCPT (Visual Continuous Performance Task)), однако P300 наиболее распространены [1–3].

Вызванные потенциалы, которыми являются потенциалы P300, формируются мозгом непроизвольно в ответ на стимулы, воспринимаемые оператором. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) оператора эти волны проявляются в виде участков определенной длительности с повышенным уровнем сигнала.

Одной из наиболее известных работ по реализации ИМК на основе эффекта P300 является исследование [2]. С момента опубликования этой работы прошло уже почти 40 лет, однако ИМК на основе волн P300 до сих пор не получили массового внедрения из-за трудностей в доработке данной технологии. Из-за перспективности использования таких ИМК в человеко-машинных интерфейсах, исследования по улучшению характеристик и повышению точности классификации являются актуальными и сейчас, что подтверждается публикациями [4, 5].

Формализацию процесса распознавания нейросигналов для повышения точности классификации и обеспечения устойчивости системы в условиях наличия шумов и индивидуальной вариабельности ЭЭГ наиболее удобно выполнять с использованием системного анализа [6, 7].

Современные подходы предобработки данных ЭЭГ предлагают использование пространственных фильтров, таких как CSP [8, 9]. Последние исследования показывают, что xDAWN превосходит CSP в задачах, связанных с обработкой P300, за счет лучшей адаптации к временной и пространственной структуре сигнала. Следует отметить, что xDAWN разработан специально для синхронных событий, в отличие от CSP, оптимизированного для анализа ритмов (асинхронные сигналы). Кроме того, xDAWN позволяет максимизировать отношение сигнал/шум и обеспечивать эффективное подавление спонтанной ЭЭГ-активности [10, 11].

В данном исследовании предложен подход, основанный на интеграции адаптивных автоматизированных систем с человеко-машинными интерфейсами типа ИМК, использующими регистрацию волн P300 для формирования управляющих сигналов или ввода текстовой информации в систему посредством обработки ЭЭГ сигналов.

**Цель исследования** – разработка программно-аппаратного комплекса и исследование его характеристик, включающих классификацию признаков, в рамках конкретной прикладной задачи – ввод текстовой информации в человеко-машинных интерфейсах посредством классификации ЭЭГ сигналов операторов.

Таким образом, исследование направлено на развитие методов обработки информации и адаптивного управления в человеко-машинных системах, что включает в себя системный анализ, статистическую обработку данных и интеллектуальную поддержку принятия решений.

## Материалы и методы исследования

В человеко-машинном интерфейсе система передачи буквенно-цифровой информации от оператора к электронно-вычислительной машине (ЭВМ) предполагает портативное многоканальное устройство регистрации ЭЭГ сигналов оператора и программную реализацию предобработки, классификации, анализа данных.

Современное развитие технологий позволяет широкому кругу разработчиков, используя кроссплатформенные проекты открытого типа, создавать гибкие универсальные программно-аппаратные решения в области портативных ИМК. Такая программно-аппаратная часть портативного ИМК была разработана в нашей лаборатории на основе открытого проекта OpenBCI [12].

В данной работе использовались доработанные платы регистрации Cyton и Daisy, позволяющие проводить регистрацию 16 каналов ЭЭГ. Используя микроконтроллер PIC32MX250F128B, устройство регистрации проводит предварительную обработку регистрируемых сигналов, формирование пакетов и передачу данных на модуль радиоканала, который передает их на ЭВМ. Данные поступают в ЭВМ в режиме реального времени [13, 14].

Нейрогарнитура предполагала размещение электродов в разных локациях и позволяла применять как «сухие», так и «влажные» контакты при сопротивлении кожа – электрод не более 15 кОМ.

Использовали всего 8 каналов регистрации, электроды располагали в локациях Fz, Cz, Pz, Oz, P3, P4, PO7, PO8 по международной системе 10–20. Для каждого эксперимента мы получали по 20 выборок (10 выборок, содержащих волны P300 и 10 выборок, не относящихся к P300).

Существующие в настоящее время программные продукты открытого типа позволяют проводить различные виды предобработки данных, их классификацию, анализ и выдачу управляющих команд. Один из таких продуктов был использован в настоящем исследовании. Это программный комплекс OpenVibe [15, 16], который благодаря своей модульной структуре позволяет адаптировать его функционал под любые задачи нейрофизиологических исследований.

Чтобы осуществить связь аппаратной части регистрирующей аппаратуры и программного комплекса OpenVibe, было разработано программное обеспечение (ПО) на языке Python. Такое ПО позволило осуществить двухстороннее взаимодействие с аппаратурой регистрации (управлять настройками прибора и принимать регистрируемые данные), осуществлять парсинг пакетов данных и в режиме реального времени передавать регистрируемые данные в ПО OpenVibe, используя протокол межпрограммного взаимодействия (LSL).

Основываясь на модульной структуре ПО OpenVibe, была разработана методика проведения эксперимента в режиме онлайн, позволяющая в автоматизированном режиме осуществлять предъявление стимулов оператору, обработку и классификацию волн P300 из данных ЭЭГ и формировать вводимый текст на основе ранжирования уверенностей классификатора. Общая блок-схема разработанной методики показана на рис. 1.

В блоке «контроля эксперимента и отображения символов на экране» использовали систему «виртуальной клавиатуры». Оператору на экране ЭВМ показывалась матрица символов размером 6×6 элементов, представленная на рис. 2. Данный блок по определенному алгоритму производит подсвечивание (выделение символов более белым цветом) строк и столбцов таким образом, что единовременно подсвечена одна строка и один столбец. Целевой символ, на котором должен сконцентрироваться оператор, находится на перекрестии строки и столбца. Перебор строк и столбцов происходит таким образом, чтобы за один цикл перебора в перекрестии побывал каждый символ из таблицы. Перебор происходит случайным образом, но по определенному алгоритму. Временные интервалы подсветок ожиданий были установлены следующим образом: 2,5 с – ожидание без подсветки; 100 мс – подсветка строки и столбца; 75 мс – ожидание без подсветки; 100 мс – подсветка следующих строки и столбца и т. д. Подсветка символов проводилась таким образом, чтобы каждый символ из матрицы был подсвечен не менее 15 раз.

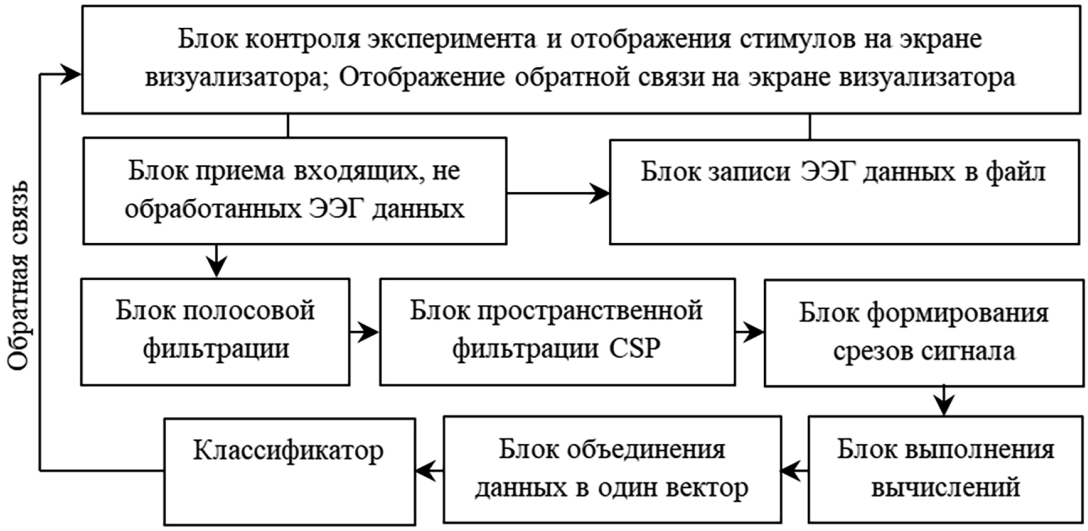



*Рис. 1. Общая схема методики проведения экспериментов в режиме онлайн*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

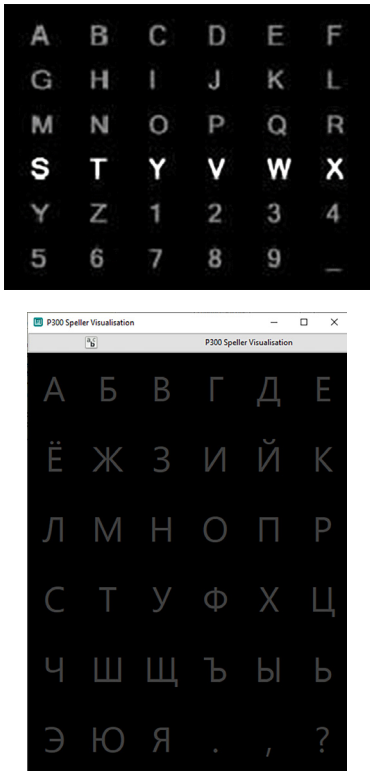



*Рис. 2. Англоязычная и русскоязычная матрицы символов для набора текста с использованием ИМК на основе P300*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Таким образом, используя разработанную методику, сформирована база записей ЭЭГ сигналов операторов, содержащая отклики мозга на предъявленные стимулы. Записи также содержали метки, указывающие на то, какой именно символ был подсвечен в определенный момент по временной шкале. Также записи содержали метки начала и конца предъявления стимулов. Данные метки нужны для формирования обучающей и валидационной выборок, которые подаются на вход классификатора. В качестве основного классификатора использовался классификатор, построенный на основе модели линейного дискриминантного анализа (LDA). Результаты классификаций сравнивались с истинным значением подсвеченного символа, усреднялись для каждых 10 вычислительных операций и переводились в процентное выражение уверенности классификатора.

В целях пространственной предобработки данных в данном исследовании применен модифицированный фильтр xDAWN, оптимизированный для работы с ограниченным числом каналов в портативных устройствах регистрации [17, 18].

## Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 представлен сценарий для офлайн-анализа данных ЭЭГ, записанных ранее.

Сценарий позволяет при помощи блока Generic Stream Reader читать данные ЭЭГ из файлов сформированной базы записей. Далее сценарий проводит фильтрацию сигналов в установленном частотном диапазоне 0,1–30 Гц, децимацию до 160 Гц.

Затем данные обрабатываются алгоритмом xDAWN, после чего достигается максимальное различие сегментов, содержащих P300 и не содержащих их. Затем происходит разделение данных и формирование двух векторов (содержащего сегменты P300 и не содержащего). Данные в каждом векторе проходят предварительную обработку, в результате которой они нарезаются на эпохи определенной длительности, идущие друг за другом с определенным интервалом. Начальная длина эпох 1 с, а интервал эпох – 0,0625 с.

Сценарий позволяет использовать предварительно обученные фильтры, выделять сигналы P300, проводить их классификацию и визуализировать работу P300 спеллера, но без подключения к реальному ЭЭГ регистратору.

Так как продолжительность волн P300 имеет определенную длину во временном диапазоне, то эпохи, на которые происходит разбиение всего непрерывного сигнала, тоже должны иметь длину оптимальную для работы моделей, осуществляющих предобработку и классификацию признаков. Длины (продолжительности) эпох, так же как и интервалы между эпохами, являются переменными величинами, и их оптимальные значения для различных моделей предобработки и классификации тоже различны. Значения продолжительностей и интервалов влияют на точность классификации, и для разных моделей классификаторов они могут быть определены экспериментальным путем. Были проведены вычислительные эксперименты по определению оптимальных значений продолжительностей и интервалов эпох при формировании входных векторов.

Используя накопленную базу записей, все расчеты были проведены офлайн. Столбчатая диаграмма уверенностей классификатора, построенного на основе модели LDA при применении оптимизированных значений временных параметров предобработки, представлена на рис. 4.

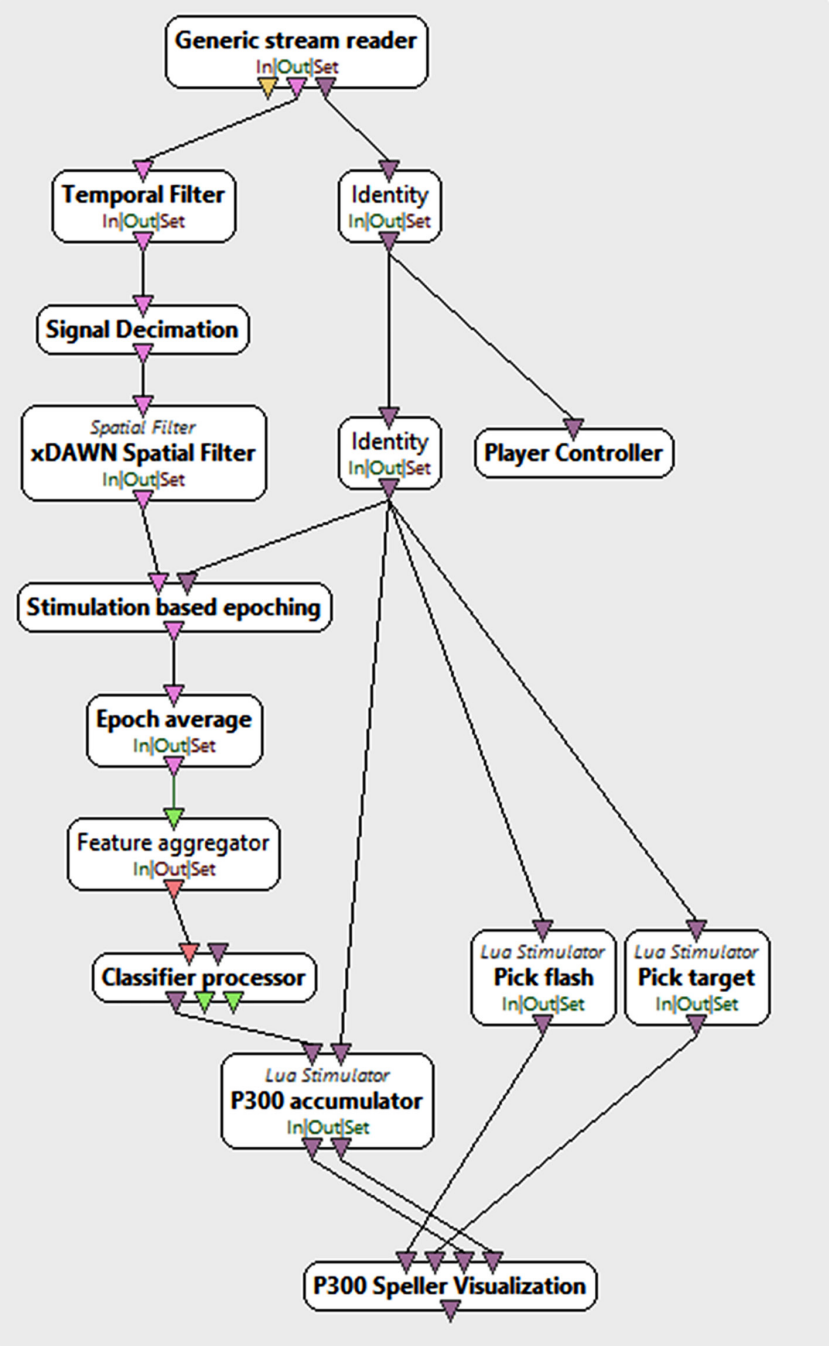



*Рис. 3. Сценарий офлайн-классификации P300*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 1**

Параметры измерений

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Количество операторов | 7 |
| Матрица символов | 6×6 = 36 символов |
| Подсветка каждого символа | ≥ 15 раз |
| Испытаний на одного оператора | 36 × 15 = 540 |
| Общее число испытаний (n) | 7 × 540 = 3 780 |

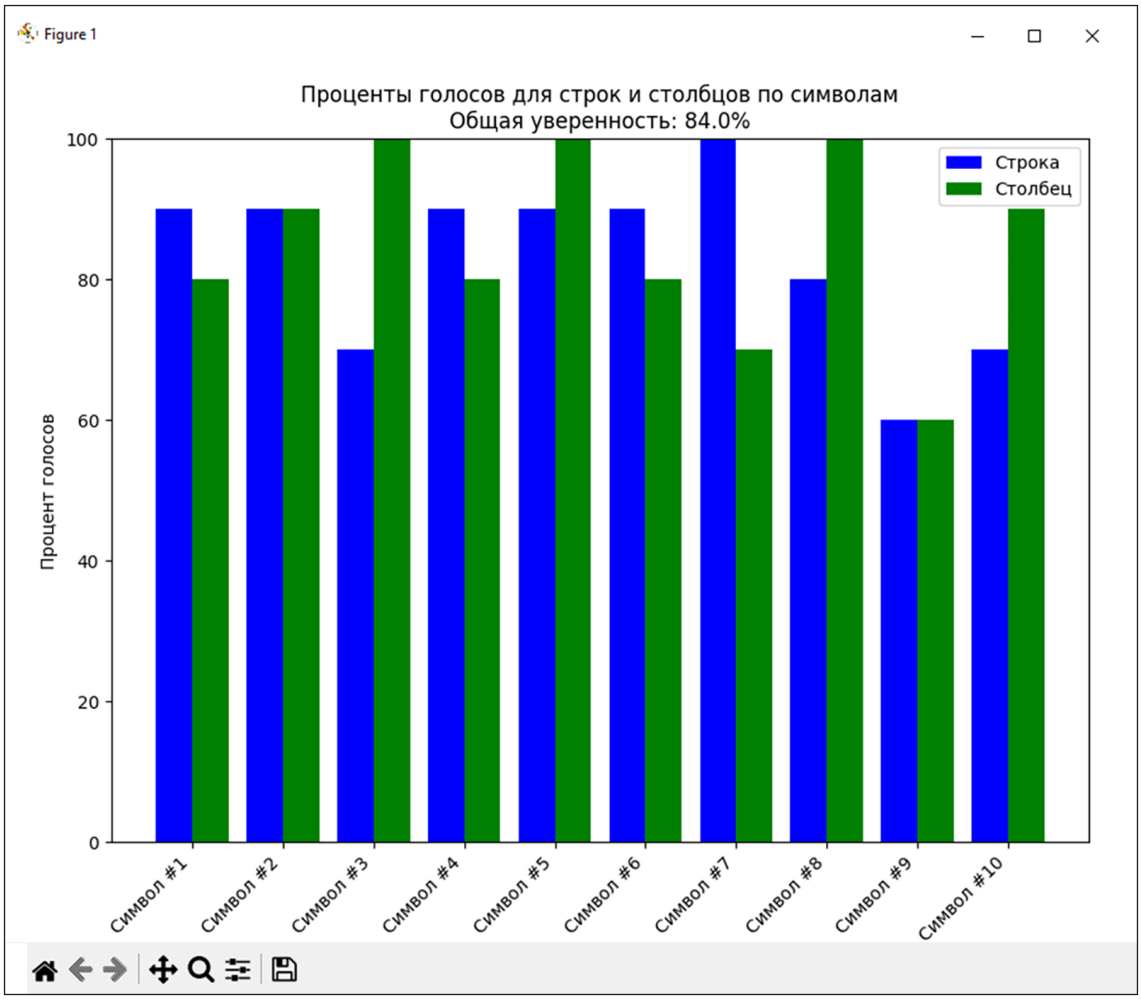



*Рис. 4. Столбчатая диаграмма уверенностей классификатора на основе модели LDA с пространственным фильтром xDAWN*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 2**

Статистические показатели измерений

| Показатель | Значение |
|---|---|
| Объем выборки (n) | 3780 испытаний |
| Стандартная ошибка (SE) | 0,60 % |
| Доверит. интервал 95 % | [82,8 %; 85,2 %] |
| Доверит. интервал 99 % | [82,5 %; 85,5 %] |
| Точность (p) | 84,0 % |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Параметры измерений приведены в табл. 1. Результаты метрологической обработки данных по всем испытаниям всех операторов приведены в табл. 2.

Таким образом, благодаря предобработке данных, основанной на оптимизации временных параметров следования друг за другом эпох, содержащих волны P300, удалось добиться увеличения уверенности классификатора по распознаванию символов в режиме онлайн до 84 %. При этом установлено, что наилучшими значениями показателей точности классификации обладал классификатор, построенный на основе модели LDA с предобработкой данных пространственным фильтром xDAWN.

## Заключение

В работе были рассмотрены особенности практической реализации системы ввода текстовой информации в современных человеко-машинных интерфейсах с использованием разработанной регистрирующей аппаратуры ЭЭГ данных, разработанного ПО для межсистемного взаимодействия и стороннего открытого ПО OpenVibe.

Проведен вычислительный эксперимент по осуществлению различной предобработки сигналов во временной области перед осуществлением классификации. Основываясь на этом, проведено исследование по выявлению оптимальных временных параметров предобработки данных входных векторов, за счет чего обеспечивается адаптивность системы под конкретного оператора.

Выявленные оптимальные параметры предобработки, алгоритмы фильтрации и модели классификации позволили повысить уверенность классификатора по распознаванию символов в режиме онлайн до 84%.

Таким образом, предложенный программно-аппаратный комплекс ввода текстовой информации в современных человеко-машинных интерфейсах может рассматриваться как прототип, требующий дальнейшей проверки в реальных условиях.

## Список литературы

1. Chaurasiya R. K., Londhe N. D., Ghosh S. Binary DE-based channel selection and weighted ensemble of SVM classification for novel brain–computer interface using Devanagari script-based P300 speller paradigm // International Journal of Human – Computer Interaction. 2016. T. 32. Vol. 11. P. 861–877.

2. Kuo C.-H., Kuo Y.-C., Chou H.-C., Lin Y.-T. P300-based brain–computer interface with latency estimation using ABC-based Interval type-2 fuzzy logic system // International Journal of Fuzzy Systems. 2017. T. 19. Vol. 2. P. 529–541. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s40815-016-0205-x (дата обращения: 06.07.2026).

3. Farwell L. A., Donchin E. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1988. Vol. 70 (6). P. 510–523. DOI: 10.1016/0013-4694(88)90149-6.

4. Sumanta Kumar Mandal, M. Nazma B. J. Naskar MI brain-computer interfaces: A concise overview // Biomedical Signal Processing and Control. P. 2023. Vol. 86. Part C. 105293. DOI: 10.1016/j.bspc.2023.105293.

5. Бошляков А. А., Жарков М. И., Шилов Н. А. Система управления манипулятором на основе биоэлектрических сигналов человека // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика. 2023. Т. 1. № 2. С. 25–29. DOI: 10.18799/29495407/2023/2/23. EDN: LULJLO.

6. Lee E., Kang Y., Kim H., Lee J. Neurofeedback and P300 toolbox for neurorehabilitation: measurement and analysis of brain activity, network and cognitive decline-related P300 // Biomedical Physics & Engineering Express. 2025. Vol. 11. Is. 6. DOI: 10.1088/2057-1976/ae0ad7. EDN: KFASTW.

7. Курта П. А., Израилов К. Е. Обзор способов построения динамических адаптивных интерфейсов и их интеллектуализация // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2023. № 4. С. 119–132. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-119-132. EDN: NYSQVD.

8. Sasatake Y., Matsushita K. P300 ERP System Utilizing Wireless Visual Stimulus Presentation Devices // Sensors. 2025. Vol. 25 (12). P. 3592. DOI: 10.3390/s25123592. EDN: IDBYMD.

9. Ганин И. П., Васильев А. Н., Глазова Т. Д., Каплан А. Я. Источники и значимость вариативности потенциалов мозга человека в интерфейсе мозг – компьютер // Вестник РГМУ. 2023. № 2. С. 42–49. DOI: 10.24075/vrgmu.2023.013. EDN: UGFKLN.

10. Khune M., Deshmukh A., Kapgate D. Comparative Benefits of Emotional-Facial Stimulation for Hybrid P300 + SSVEP Brain Computer Interfaces // Biomedical Materials and Devices. 2025. DOI: 10.1007/s44174-025-00606-9. EDN: MDPIUF.

11. Айзикович А. А., Усынин А. Ю. Применение персептрона в цифровой фильтрации сигналов // Известия Института математики и информатики. 2006. № 2 (36). С. 109–112. EDN: OPPFBJ.

12. Официальный сайт проекта OpenBCI. [Электронный ресурс]. URL: https://openbci.com (дата обращения: 23.04.2026).

13. Liu M., Wang S., Beyette F., Zhao L. Toward Lightweight, Efficient, and Explainable Deep Learning Models for P300 Detection // In book: Signal Processing in Medicine and Biology (P.143–167) Publisher: Springer Nature Switzerland, Cham Editors: Ammar Ahmed, Joseph Picone. DOI: 10.1007/978-3-031-88024-7_4.

14. Журавлев Д. В., Голубинский А. Н., Резниченко А. А. Универсальный программно-аппаратный комплекс для управления роботизированными устройствами на основе принципов работы синхронного или асинхронного интерфейсов «мозг – компьютер» // Журнал радиоэлектроники. 2025. № 1. DOI: 10.30898/1684-1719.2025.1.1 EDN: VTENFZ.

15. Kuai H., Tao X., Zhong N. Web Intelligence meets Brain Informatics: Towards the future of artificial intelligence in the connected world // World Wide Web. 2022. Vol. 25 (3). P. 1223–1241. DOI: 10.1007/s11280-022-01030-5.

16. Chen X., Cheng G., Wang F. L., Tao X., Xie H., Xu L. Machine and cognitive intelligence for human health: systematic review // Brain inform. 2022. Vol. 9 (1). P. 1–20. DOI: 10/1186/s40708-022-00153-9.

17. Хаддад Н., Деркач М. В., Дмитриев А. Н., Сергеев И. К., Щукин С. И. Выбор признаков сигнала P300 на основе машинного обучения и применения вейвлета Морле для приложений ИМК // Биомедицинская радиоэлектроника. 2021. Т. 24. № 5. С. 17–29. DOI: 10.18127/j15604136-202105-03. EDN: ZIXGVY.

18. Li F., Xia Y., Wang F., Zhang D. Y., Li X., He F. Transfer Learning Algorithm of P300-EEG Signal Based on XDAWN Spatial Filter and Riemannian Geometry Classifier // Applied Sciences. 2020. Vol. 10 (5). P. 1804. DOI: 10.3390/app10051804. EDN: AEXGLQ.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.8:519.816:504.06
DOI

CC BY 4.0

# ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ К ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЧЕТКОГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

**Морковкин Д. Е. ORCID ID 0000-0002-5372-8519,**
**Перская В. В. ORCID ID 0000-0002-1988-4374,**
**Страхов И. А. ORCID ID 0009-0008-7277-9910**

*Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Российская Федерация, e-mail: 9154007013@mail.ru*

Переход промышленности к низкоуглеродному развитию требует средств сопоставления отраслей при разнородных шкалах измерения, неполноте данных и официально признаваемой погрешности исходной статистики. Цель исследования состоит в разработке и апробации метода оценки технологической готовности отраслей промышленности России к декарбонизации, понимаемой как движение к углеродной нейтральности, в котором неопределенность исходных данных не устраняется, а формализуется методами искусственного интеллекта. Использованы данные государственной статистики за 2020–2025 годы по шестнадцати видам экономической деятельности и национального доклада о кадастре антропогенных выбросов. Построена система из восьми количественных критериев, значения представлены треугольными нечеткими числами, границы которых калиброваны по опубликованным оценкам неопределенности национальной системы инвентаризации и по фактическому размаху межгодовой вариации показателей. Веса критериев определены объективным методом на основе контраста и взаимной конфликтности, агрегирование проведено средствами нечеткого многокритериального анализа, а типы отраслей выделены методом нечетких средних, относящимся к обучению без учителя. Построено ранжирование отраслей промышленности по готовности к углеродно-нейтральному переходу, выделены три класса готовности и два типа профиля. Проведена верификация, включающая сопоставление с четкими методами упорядочения и компромиссного ранжирования, вариацию весов, замену вида функций принадлежности и испытание на обращение порядка при изменении состава сравниваемых отраслей. Установлено, что классическая схема нормирования допускает обращение порядка, тогда как предложенная модификация с фиксированной базой нормирования его не допускает ни в одном из испытаний с неизменными весами. Метод реализован в виде программного комплекса на языке Python с фиксированным начальным состоянием генератора псевдослучайных чисел, устойчивость разбиения на типы подтверждена бутстрэпом. Авторы пришли к выводу, что в пределах рассмотренной выборки метод дает устойчивое ранжирование, а монотонной связи между типом профиля и уровнем готовности не обнаружено. Доказаны инвариантность схемы с фиксированной базой к составу сравниваемого множества, липшицева устойчивость показателя к возмущению весов и точность интервального распространения неопределенности по α-срезам, на которой построен численный метод оценки достоверности упорядочения; инвариантность подтверждена серией из тысячи случайных наборов данных. Внешняя валидация по натурным данным о выбросах загрязняющих веществ показала отрицательную связь готовности с изменением удельных выбросов ($\rho = -0{,}51$, $p = 0{,}054$).

**Ключевые слова: декарбонизация, углеродная нейтральность, промышленность, технологическая готовность, нечеткое множество, нечеткая кластеризация методом c-средних, многокритериальный анализ, искусственный интеллект, устойчивость ранжирования, программный комплекс, воспроизводимость, α-срез, внешняя валидация**

# ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL READINESS OF RUSSIAN INDUSTRIAL SECTORS FOR DECARBONIZATION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS AND FUZZY MULTI-CRITERIA ANALYSIS

**Morkovkin D. E. ORCID ID 0000-0002-5372-8519,**
**Perskaya V. V. ORCID ID 0000-0002-1988-4374,**
**Strakhov I. A. ORCID ID 0009-0008-7277-9910**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Financial University under the Government of the Russian Federation”, Moscow, Russian Federation, e-mail: 9154007013@mail.ruAbstract*

The low-carbon transition of industry requires means of comparing sectors under heterogeneous measurement scales, incomplete data and an acknowledged margin of error in the source statistics. The aim of the study is to develop and test a method for the assessment of the technological readiness of Russian industrial sectors for decarbonization understood as movement towards carbon neutrality, in which the uncertainty of the source data is not eliminated but formalized by artificial intelligence methods. Data of state statistics for 2020–2025 on sixteen economic activities and of the national inventory report of anthropogenic emissions were used. A system of eight quantitative criteria was built, its values being triangular fuzzy numbers calibrated against the published uncertainty estimates of the national inventory system and the actual range of interannual variation. Criteria weights were

determined by an objective method based on contrast and mutual conflict, the aggregation was performed by fuzzy multi-criteria analysis, and sector typification by the fuzzy c-means method of unsupervised learning. A ranking of industrial sectors by readiness for the carbon-neutral transition was constructed, three readiness classes and two profile types were identified. Verification included comparison with crisp ordering and compromise ranking, weight variation, replacement of membership functions, and a test for order reversal under a changing set of sectors. The classical normalization scheme was found to admit order reversal, whereas the proposed modification with an fixed normalization base produced no reversal in any of the fixed-weight tests. The method is implemented as a Python software package with a fixed random seed, and the stability of the partition is confirmed by bootstrap. Within the sample considered the method yields a stable ranking, while no monotonic relationship between the profile type and the readiness level was detected. Invariance of the fixed-base scheme to the composition of the compared set, Lipschitz stability of the index to weight perturbation and exactness of interval propagation of uncertainty over α-cuts are proved, the latter underlying a numerical method for assessing ranking reliability; invariance is confirmed on a series of one thousand random data sets. External validation against actual pollutant emission data showed a negative relationship between readiness and the change in specific emissions ($\rho = -0.51$, $p = 0.054$).

**Keywords: decarbonization, carbon neutrality, industry, technological readiness, fuzzy set, fuzzy c-means clustering, multi-criteria analysis, artificial intelligence, ranking stability, software package, reproducibility, α-cut, external validation**

## Введение

Управление переходом промышленности к углеродной нейтральности ставит многокритериальную задачу. Набор технологий сокращения выбросов для разных отраслей различен [1], а соотношение между сокращением выбросов и приспособлением к климатическим изменениям остается предметом обсуждения [2; 3]. Отрасли различаются по составу выбросов, состоянию фондов и финансовым возможностям, шкалы несовместимы, часть данных отсутствует, а статистика выбросов публикуется с признаваемой погрешностью, для отдельных категорий источников достигающей десятков процентов. Оценки сроков и стоимости перехода у разных аналитических центров при этом также расходятся [4]. Скалярная оценка теряет ту информацию, которая определяет решение, поскольку одинаковый балл отвечает противоположным конфигурациям частных характеристик.

Сложившиеся подходы для этой задачи ограниченны. Шкала уровней технологической готовности [5] и ее отечественная адаптация к отбору проектов [6] описывают отдельную технологию, а не отрасль. Композитные показатели [7] в типичной реализации агрегируют точечные значения, и погрешность исходных данных в итоговой оценке при этом не отображается, хотя анализ ее робастности возможен отдельной процедурой, а модели зрелости производственных систем [8; 9] на официальной статистике не воспроизводятся.

Методы на нечетких множествах [10; 11] позволяют смягчить это ограничение, поскольку представляют величину интервалом и переносят его до итогового показателя, хотя и ценой дополнительных допущений о форме функции принадлежности. Наряду с методами многокритериального выбора [12] и нечеткой кластеризацией [13] они относятся к мягким вычислениям, то есть к методам искусственного интеллекта для приближенных и неполных данных. Отечественные решения на том же аппарате известны [14; 15]. Применялись они, однако, к выбору технологий, поставщиков и проектов [16; 17; 18]. В энергетике ими оценивались возобновляемые источники, причем полигоном служили Турция [19] и Индия [20]. Той же схемой изучались технологии производства водорода [21], системы улавливания углерода [22] и накопители энергии [23]. Исследованы также барьеры низкоуглеродного перехода [24] и поддержка политики низкоуглеродных технологий [25]. Объектом всюду выступают отдельные технологии, проекты или поставщики зарубежных экономик, тогда как сопоставление отраслей промышленности России в такой постановке не выполнялось.

Нерешенными остаются две проблемы. Параметры функций принадлежности задаются экспертно и внешнего основания не имеют, хотя национальная система инвентаризации публикует оценки неопределенности по категориям, а последовательные редакции кадастра дают фактическую нестабильность оценок. Мешает и вычислительное свойство классического метода упорядочения по сходству с идеальным решением, который нормирует значения на экстремумы самого сравниваемого множества, из-за чего изменение состава отраслей переставляет местами альтернативы, которых оно не касалось.

**Цель исследования** – разработка метода оценки технологической готовности отраслей промышленности к декарбонизации на основе методов искусственного интеллекта, включающего: правило калибровки параметров нечетких чисел по двум независимым внешним основаниям; процедуру нормирования, инвариантную к составу сравниваемого множества альтернатив; процедуру типизации отраслей средствами обучения без учителя; протокол верификации устойчивости получаемого упорядочения;

аналитическое обоснование свойств схемы нормирования и численный метод оценки достоверности упорядочения по α-срезам; программную реализацию метода в виде воспроизводимого комплекса, а также апробацию и внешнюю валидацию метода на данных государственной статистики Российской Федерации.

Исследовательский вопрос состоит в том, допускает ли отраслевая статистика с признаваемой погрешностью построение упорядочения, устойчивого к вариации весов и к изменению состава сравниваемых отраслей. Проверяются три положения.

1. Упорядочение, полученное на нечетких числах, сохраняется при вариации весов в пределах, отвечающих неопределенности их оценивания.

2. Замена нормирующих величин на фиксированную базу, не пересчитываемую при изменении состава совокупности, снижает число случаев обращения порядка.

3. Форма профиля частных оценок несет информацию, не выводимую из уровня интегрального показателя. Построение показателя, его проверка и содержательное истолкование разнесены далее по отдельным подразделам.

## Материалы и методы исследования

При построении критериальной системы оценки технологической готовности отраслей промышленности России к декарбонизации и углеродно-нейтральному переходу использованы ряды государственной статистики за 2020–2025 годы[1], формы статистического наблюдения о текущих затратах на охрану окружающей среды[2] и данные национального доклада о кадастре антропогенных выбросов[3]. Основу вычислительной схемы образуют методы искусственного интеллекта в части мягких вычислений. Исходные величины формализованы треугольными нечеткими числами, веса критериев получены объективным методом на основе контраста и взаимной конфликтности [26] с контролем по экспертной схеме парных сравнений [27]. Из семейства методов нечеткого многокритериального анализа [12; 28] при агрегировании применен метод упорядочения по сходству с идеальным решением [29]. Для сопоставления привлечены его четкий вариант и метод компромиссного ранжирования [30]. Типизация выполнена методом нечетких средних с контролем качества разбиения по коэффициенту разбиения, энтропии и индексу Се и Бени, верификация проведена ранговой корреляцией Спирмена, конкордацией Кендалла и методом статистических испытаний. Вычисления выполнены авторским программным комплексом на языке Python, описанным в разделе о программной реализации, с независимым контрольным пересчетом в книге электронных таблиц.

## Результаты исследования и их обсуждение

Оценка технологической готовности к декарбонизации выполняется по разнородным сведениям о состоянии производственного аппарата, о природоохранной практике и о финансовом положении вида экономической деятельности. По Дж. Манкинсу, готовность есть измеряемая характеристика зрелости, а шкала готовности есть систематическая измерительная система, поддерживающая оценку зрелости конкретной технологии [5]. При таком подходе единицей оценки выступает отдельная технология, а состояние описывается стадией жизненного цикла. Перенос на отрасль требует смены единицы оценки, поскольку отрасль объединяет производства разной зрелости и описывается не стадией, а совокупностью показателей.

На основе этого подхода авторами сформулировано следующее понятие технологической готовности отрасли промышленности к декарбонизации. Под ней понимается сложившееся сочетание производственных, воспроизводственных, природоохранных и финансовых характеристик вида экономической деятельности, определяющее возможность движения отрасли к углеродной нейтральности без изменения профиля выпуска. Декарбонизация выступает здесь процессом, а углеродная нейтральность его конечным состоянием, при котором выбросы парниковых газов уравновешиваются поглощением. Определение задает четыре компоненты оценки и переводит задачу в многокритериальную постановку.

[1] Промышленное производство в России. 2025: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. Москва: Росстат, 2025. Табл. 1.12, 3.3, 3.5, 5.4, 7.3, 9.4, 10.8, 10.10, 10.11. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_2025.pdf (дата обращения: 08.08.2026).

[2] Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды и экологических платежах (форма № 4-ОС) за 2020–2025 годы // Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2026. Бюллетени за 2020–2025 годы, таблица «Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды по видам экономической деятельности», графа 2 «на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата». URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13295 (дата обращения: 08.08.2026).

[3] Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2023 гг. Часть 1 / Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля. Москва, 2025. Табл. P. 2, 4.1; п. 3.2.5.2; рис. 3.16; Приложение II. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf (дата обращения: 08.08.2026).

Авторами заданы множество альтернатив $A = \{a_1,\ldots,a_m\}$ мощности $m = 16$, множество критериев $C = C^+ \cup C^-$ мощности $n = 8$, где $C^+$ объединяет максимизируемые, а $C^-$ минимизируемые критерии, и матрица $X = [x_{ij}]_{m\times n}$, элементы которой известны с погрешностью. Требуется построить отображение $F{:}(X,W)\to R$, где $W = (w_1,\ldots,w_n)$ при условии

$$\sum_j w_j = 1,$$

а $R$ означает упорядочение альтернатив по интегральному показателю готовности $CC_i \in [0;1]$, устойчивое к вариации весов, к виду функций принадлежности и к изменению состава множества $A$. Сформулированная многокритериальная задача решается средствами искусственного интеллекта, поскольку признанная погрешность исходных рядов требует аппарата, работающего с приближенными величинами. Общая схема разработанного метода оценки технологической готовности к декарбонизации приведена на рисунке 1. Она объединяет пять последовательных блоков и контур корректировки параметров по результатам верификации.

Объектом оценки выступают 16 видов экономической деятельности промышленности России, наименования которых приведены в таблице 3.

Отобранные критерии охватывают четыре компоненты технологической готовности к декарбонизации. Это технологическая база производства, состояние и обновление основных фондов, фактическая природоохранная деятельность и финансовая способность ее поддерживать. Состав системы приведен в таблице 1.

Стоимостные показатели таблицы 1 нормированы на объем отгруженных товаров собственного производства. Критерий $K_7$ характеризует фактическую полноту улавливания загрязняющих атмосферу веществ и тем самым состояние газоочистной инфраструктуры отрасли. Прямым измерителем готовности к улавливанию диоксида углерода этот критерий не является и в такой роли далее не используется.

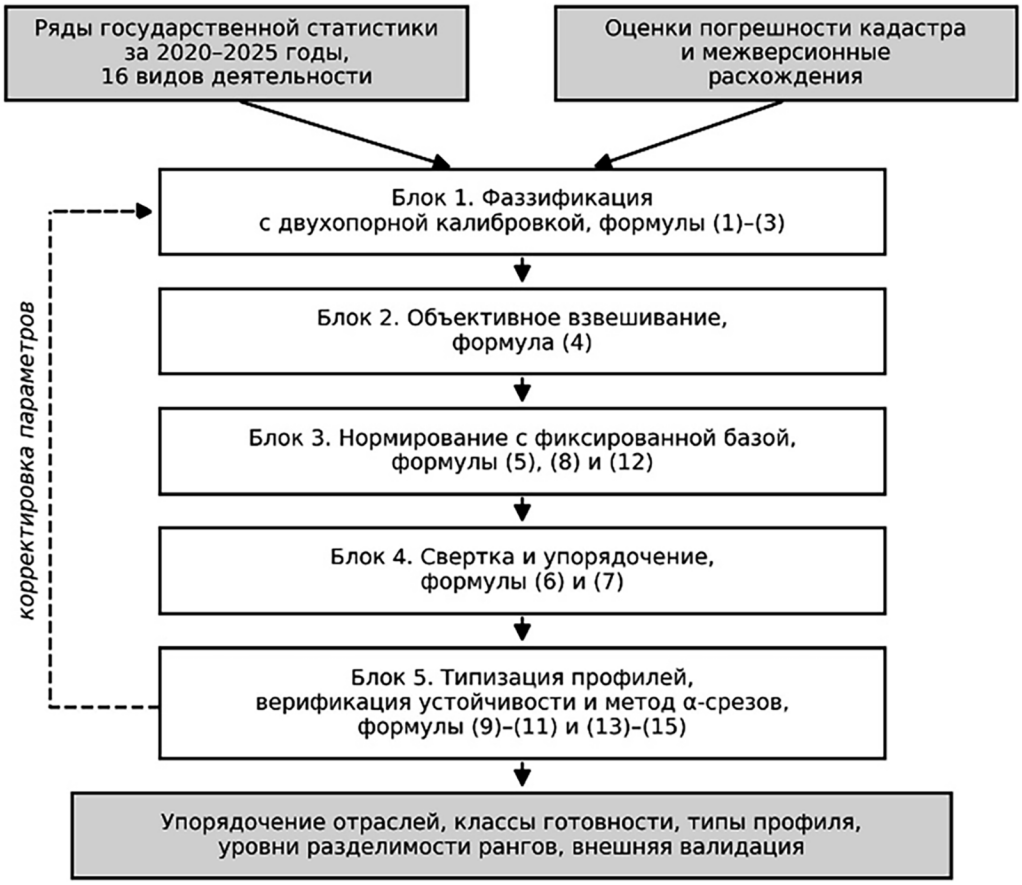



*Рис. 1. Схема метода оценки технологической готовности отраслей промышленности к декарбонизации*
*Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 1**

Система критериев оценки технологической готовности

| Обозначение | Содержание | Единица | Направление | Годы |
|---|---|---|---|---|
| $K_2$ | Электроемкость выпуска | кВт·ч / тыс. руб. | min | 2020–2024 |
| $K_4$ | Степень износа основных фондов | % | min | 2020–2024 |
| $K_5$ | Коэффициент обновления основных фондов | % | max | 2020–2024 |
| $K_6$ | Затратоемкость климатической деятельности | руб. / тыс. руб. | max | 2020–2025 |
| $K_7$ | Доля улавливания загрязняющих веществ | % | max | 2020–2024 |
| $K_8$ | Доля инновационных товаров, работ, услуг | % | max | 2020–2024 |
| $K_9$ | Климатическая инвестоемкость | руб. / тыс. руб. | max | 2020–2024 |
| $K_{12}$ | Рентабельность проданных товаров | % | max | 2020–2024 |

Примечание: составлено авторами на основе источников, указанных в сносках 1 и 2.

Критерий $K_{12}$ введен как показатель реализуемости, поскольку техническая возможность декарбонизации при нулевой марже готовности не создает. Матрица содержит одну документированную условность. Статистика не публикует долю инновационных товаров внутри раздела «Добыча полезных ископаемых», поэтому для видов деятельности 05, 06 и 07 взято значение раздела в целом. Три наблюдения из 128, то есть 2,3%, являются замещающими, и по критерию $K_8$ эти альтернативы неразличимы. Это единственное совпадение во всей матрице, его влияние проверено отдельно.

Соответствие критериев источникам раскрыто построчно. Критерий $K_2$ вычислен как отношение потребления электроэнергии по виду деятельности (табл. 5.4 сборника Росстата) к объему отгруженных товаров собственного производства (табл. 1.12); критерии $K_4$ и $K_5$ взяты из табл. 3.5 и 3.3 (степень износа и коэффициент обновления основных фондов по полному кругу организаций на конец года); $K_7$ из табл. 10.8 (доля уловленных и обезвреженных веществ в общем объеме загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников); $K_8$ из табл. 9.4 (доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров); $K_{12}$ из табл. 7.3 (рентабельность проданных товаров, продукции, работ, услуг). Критерий $K_6$ образован отношением текущих затрат на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата (графа 2 «на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата» таблицы «Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды по видам экономической деятельности» бюллетеней Росстата по форме № 4-ОС за 2020–2025 годы) к объему отгруженных товаров; критерий $K_9$ образован отношением инвестиций в основной капитал, направленных на охрану атмосферного воздуха (графа «на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата» табл. 10.10 за 2020–2022 годы и табл. 10.11 за 2023–2024 годы того же сборника), к тому же знаменателю. Все стоимостные величины взяты в текущих ценах, дефлирование не применялось, знаменатель един для всех удельных критериев. Критерии $K_6$, $K_7$ и $K_9$ измеряют масштаб природоохранной практики и природоохранного капитала отрасли, а не результат декарбонизации; их валидность как индикаторов готовности ограничена тем, что затраты и инвестиции могут отражать как модернизацию, так и компенсацию высокой исходной эмиссионности, что учтено при истолковании типов и отнесено к ограничениям метода. Исходная дефаззифицированная матрица 16 × 8 приведена в таблице 10, полные ряды по годам содержит книга расчетов репликационного пакета.

Каждый элемент матрицы представлен треугольным нечетким числом

$$\tilde{x}_{ij} = \left(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}\right),$$

функция принадлежности которого задана формулой (1)

$$\mu_{\tilde{x}}(z) = \begin{cases} (z-l)/(m-l), \ l \le z \le m \\ (u-z)/(u-m), \ m \le z \le u \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где $z$ – текущее значение показателя; $l$, $m$ и $u$ – нижняя граница, мода и верхняя гра-

ница носителя нечеткого числа; $\mu_{\tilde{x}}(z)$ – степень принадлежности значения $z$ нечеткому числу $\tilde{x}$.

Калибровка опирается прежде всего на межгодовую вариацию показателя. Для критериев, наблюдаемых в динамике, параметры $l_{ij}$, $m_{ij}$ и $u_{ij}$ функции (1) вычисляются по формуле (2)

$$l_{ij} = \min_t x_{ij}^{(t)},\ m_{ij} = x_{ij}^{(2024)},\ u_{ij} = \max_t x_{ij}^{(t)}, \quad (2)$$

где $x_{ij}^{(t)}$ – значение $j$-го критерия для $i$-й отрасли в году $t$; $t$ – год наблюдения из периода 2020–2024 годов; $l_{ij}$, $m_{ij}$ и $u_{ij}$ – нижняя граница, мода и верхняя граница носителя нечеткого числа для $i$-й отрасли по $j$-му критерию. Размах ряда служит эмпирической, а не экспертной оценкой ширины носителя. Он объединяет по меньшей мере четыре различные по природе составляющие, а именно межгодовую вариацию показателя под действием конъюнктуры и технологических сдвигов, погрешность измерения вместе с пересмотрами методологии учета, пропуски наблюдений и сценарную неопределенность будущей динамики. Раздельно по открытым данным эти составляющие не оцениваются, поэтому носитель формулы (2) трактуется как их верхняя огибающая, а не как оценка погрешности измерения; в формуле (3) погрешность измерения выделена явно, а пропуски и методологические разрывы учитываются отдельными надбавками к носителю, указанными ниже. Для критерия $K_6$ ряд продолжен на 2025 год, модой принято значение последнего отчетного года, а при ее выходе за фактический размах параметры носителя упорядочиваются по возрастанию, что сохраняет соответствие определению (1).

Наряду с этим используются официальные оценки погрешности. Для показателей, полученных пересчетом секторных данных кадастра, носитель нечеткого числа $\tilde{x}_{ij}$ задается объединенной неопределенностью категории $u_c$ согласно формуле (3)

$$\tilde{x}_{ij} = \left(m_{ij}\left(1-u_c/100\right), m_{ij}, m_{ij}\left(1+u_c/100\right)\right), \quad , \quad ,$$

$$u_c = \max\left\{\sqrt{u_{\text{I}}^2 + u_{\text{K}}^2}, \hat{\delta}_c\right\},\ u_{\text{I}} = \frac{\sqrt{\sum_k \left(u_k E_k\right)^2}}{\sum_k E_k}, \quad (3)$$

где $u_c$ – объединенная неопределенность категории $c$, процентов; $u_{\text{I}}$ – неопределенность, распространенная по составляющим категории; $u_K$ – погрешность округления долей подкатегорий, процентов; $\hat{\delta}_c = \left|E_c^{(2025)} / E_c^{(2023)} - 1\right|$ – фактическое расхождение оценок одного и того же года в двух последовательных редакциях кадастра; $E_k$ – выбросы $k$-й составляющей категории; $u_k$ – заявленная неопределенность $k$-й составляющей, процентов; $E_c^{(2025)}$ и $E_c^{(2023)}$ – оценки выбросов категории $c$ в редакциях кадастра 2025 и 2023 годов. При методологическом разрыве ряда, вызванном изменением статистической графы в 2023 году для критериев $K_6$ и $K_9$, носитель расширяется на 15%, при отсутствии наблюдений за часть периода на 30%. Неопределенность при таком правиле формализуется, а не замещается импутированным средним.

*Определение весов.* На нормированной по направлению предпочтения матрице $D^n$ веса критериев $w_j$ вычисляются по формуле (4)

$$C_j = \sigma_j \sum_{q=1}^{n}\left(1 - r_{jq}\right),\ w_j = C_j / \sum_q C_q, \quad (4)$$

где $C_j$ – информационная емкость $j$-го критерия; $\sigma_j$ – среднеквадратическое отклонение $j$-го столбца нормированной матрицы $D^n$; $r_{jq}$ – коэффициент линейной корреляции $j$-го и $q$-го столбцов; $w_j$ – вес $j$-го критерия; $n$ – число критериев. Веса вычисляются однократно по полной совокупности и при последующих испытаниях с сокращенным составом отраслей не пересчитываются. Объективная процедура выбрана потому, что работа проверяет свойства самого вычислительного метода. Экспертная схема воспроизведена как контрольный сценарий при показателе согласованности парных сравнений $CR$ = 0,002 и пороге 0,1.

Расчет по формуле (4) дает наибольший вес критерию электроемкости выпуска, равный 0,211, что объясняется одновременно высоким разбросом значений по отраслям и слабой согласованностью этого критерия с остальными. Коэффициенты корреляции $K_2$ с затратоемкостью климатической деятельности, долей улавливания и климатической инвестоемкостью равны минус 0,73, минус 0,61 и минус 0,74. Наименьшие веса получили износ основных фондов и рентабельность, сближенные по отраслям. Результаты трех схем взвешивания приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

Веса критериев при трех схемах взвешивания

| Критерий | Объективная схема (базовая) | Энтропийная схема | Экспертная схема |
|---|---|---|---|
| $K_2$ | 0,2112 | 0,0655 | 0,1919 |
| $K_4$ | 0,0902 | 0,0510 | 0,1919 |
| $K_5$ | 0,1089 | 0,0929 | 0,1031 |
| $K_6$ | 0,1115 | 0,1558 | 0,1031 |
| $K_7$ | 0,1339 | 0,0547 | 0,1919 |
| $K_8$ | 0,1427 | 0,1404 | 0,0575 |
| $K_9$ | 0,1097 | 0,2774 | 0,1031 |
| $K_{12}$ | 0,0919 | 0,1624 | 0,0575 |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования.

Выявленные корреляции обосновывают применение схем, учитывающих взаимозависимость критериев. Пары «износ и обновление» при $r$ = 0,62 и «затратоемкость и инвестоемкость» при $r$ = 0,67 описывают связанные стороны одного процесса воспроизводства фондов.

*Агрегирование средствами нечеткого многокритериального анализа.* Нормированное нечеткое значение $\tilde{v}_{ij}$ вычисляется по формуле (5)

$$\tilde{v}_{ij} = \begin{cases} \left(l_{ij} / u_j^+, m_{ij} / u_j^+, u_{ij} / u_j^+\right), & c_j \in C^+,\ u_j^+ = \max\limits_i u_{ij}, \\ \left(l_j^- / u_{ij}, l_j^- / m_{ij}, l_j^- / l_{ij}\right), & c_j \in C^-,\ l_j^- = \min\limits_i l_{ij} \end{cases} \tag{5}$$

где $\tilde{v}_{ij}$ – нормированное нечеткое значение $j$-го критерия для $i$-й отрасли; $u_j^+$ – наибольшая верхняя граница носителя по $j$-му критерию из множества максимизируемых $C^+$; $l_j^-$– наименьшая нижняя граница носителя по $j$-му критерию из множества минимизируемых $C^-$.

Взвешенные значения $\tilde{y}_{ij} = \tilde{v}_{ij} \otimes w_j$ лежат в [0; $w_j$], что задает нечеткие идеальное $\tilde{y}_j^+ = \left(w_j, w_j, w_j\right)$ и антиидеальное $\tilde{y}_j^- = \left(0,0,0\right)$ решения. Расстояние $d\left(\tilde{a},\tilde{b}\right)$ между двумя треугольными нечеткими числами вычисляется по вершинам согласно формуле (6)

$$d\left(\tilde{a},\tilde{b}\right) = \sqrt{1/3\left[\left(l_a - l_b\right)^2 + \left(m_a - m_b\right)^2 + \left(u_a - u_b\right)^2\right]}, \tag{6}$$

где $\tilde{a} = \left(l_a, m_a, u_a\right)$ и $\tilde{b} = \left(l_b, m_b, u_b\right)$ – сравниваемые треугольные нечеткие числа; $d\left(\tilde{a},\tilde{b}\right)$ – расстояние между ними, вычисленное по вершинам.

После этого интегральный показатель технологической готовности, обозначаемый далее как коэффициент близости к идеальному решению $CC_i$, вычисляется по формуле (7)

$$d_i^+ = \sum_j d\left(\tilde{y}_{ij}, \tilde{y}_j^+\right),\ d_i^- = \sum_j d\left(\tilde{y}_{ij}, \tilde{y}_j^-\right),\ CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \tag{7}$$

где $d_i^+$ и $d_i^-$– суммарные расстояния $i$-й отрасли до нечеткого идеального и антиидеального решений; $\tilde{y}_{ij}$ – взвешенное нормированное нечеткое значение; $CC_i$ – интегральный показатель технологической готовности $i$-й отрасли.

Нормирующие величины $u_j^+$ и $l_j^-$ формулы (5) определяются составом сравниваемого множества, вследствие чего исключение одной альтернативы способно переставить местами другие. Для устранения этого свойства предложена модификация, в которой нормирующие величины заменяются фиксированными базовыми значениями нормирования $u_j^*$ и $l_j^*$ согласно формуле (8)

$$u_j^* = 1{,}25 \max_i u_{ij},\ \ l_j^* = 0{,}8 \min_i l_{ij}, \tag{8}$$

где $u_j^*$ и $l_j^*$ – базовые значения нормирования по $j$-му критерию; коэффициенты 1,25 и 0,8 задают вынос базового значения за пределы наблюдаемого диапазона значений.

Базовые значения рассчитываются однократно и не пересчитываются при изменении состава множества $A$. Вычислительная сложность составляет $O(mn+n^2)$ при определении весов по формуле (4) и $O(mn)$ при агрегировании по формулам (5) и (7), что допускает полный перебор сценариев в анализе чувствительности.

Выбор коэффициентов 1,25 и 0,80 проверен отдельно. При их совместном изменении в пределах от 1,05 и 0,95 до 1,35 и 0,75 упорядочение отраслей не меняется ни на одну позицию, при значениях 1,50 и 0,65 ранговая корреляция с базовым упорядочением составляет 0,994 при взаимной перестановке двух пар соседних отраслей. Результат к конкретной величине выноса, следовательно, не чувствителен, существенно лишь то, что база не пересчитывается при изменении состава сравниваемых отраслей. База строится по экстремумам исходной выборки с выносом за ее пределы и потому является фиксированной, а не нормативно независимой, поскольку она устраняет зависимость нормирования от последующих изменений состава сравниваемого множества, но не от исходной выборки, по которой вычислена. Инвариантность к составу при фиксированной базе следует непосредственно из формул (5)–(7), поскольку при неизменных весах и неизменных базовых значениях $u^*$ и $l^*$ нормированное значение, расстояния до идеального и антиидеального решений и показатель $CC_i$ каждой альтернативы вычисляются только по ее собственным нечетким числам и не зависят от остальных строк матрицы, тогда как в классической схеме нормирующие величины суть функции всего множества A. Общность этого утверждения ограничена условием неизменности весов, а его вычислительная проверка выполнена на одном наборе данных.

*Свойства схемы с фиксированной базой.* Для четкой реализации схемы (8), в которой каждое значение представлено модой, расстояния (6) сводятся к модулям разностей, а нормированные значения не превышают 0,8 в силу выноса базы, поэтому показатель (7) принимает линейный вид (9)

$$CC_i=\sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij}, \qquad v_{ij}=\frac{x_{ij}}{u_j^*} \text{ при } c_j\in C^+, \; v_{ij}=\frac{l_j^*}{x_{ij}} \text{ при } c_j\in C^- \tag{9}$$

где $v_{ij}$ – четкое значение $j$-го критерия для $i$-й отрасли, нормированное на фиксированную базу; сумма $d_i^+ + d_i^-$ при этом равна единице, что и дает линейную форму. Из формулы (9) непосредственно следуют три утверждения, проверенные также вычислительно (табл. 6). Утверждение 1 (инвариантность к составу). При фиксированных весах и базовых значениях показатель $CC_i$ зависит только от $i$-й строки матрицы, поэтому упорядочение любого подмножества альтернатив совпадает с сужением упорядочения полного множества, и число случаев обращения порядка равно нулю для любого набора данных. Утверждение 2 (устойчивость к возмущению весов). Показатель (9) удовлетворяет условию Липшица (10)

$$\left|CC_i(w)-CC_i(w')\right|\le \max_j v_{ij}\cdot w-w'_1\le 0{,}8\,w-w'_1, \tag{10}$$

где $\|\cdot\|_1$ – сумма модулей координат; константа 0,8 определена выносом базы (8). Возмущение каждого веса в пределах 20% при перенормировании дает $\|w - w'\|_1 \le 0{,}4$, откуда сдвиг показателя не превышает 0,32; фактический наибольший сдвиг в двух тысячах прогонов составил 0,043 при наибольшем отношении сдвига к возмущению 0,38, что лежит внутри границы. Утверждение 3 (точность интервального распространения). Показатель (9) монотонно не убывает по каждому $v_{ij}$, поэтому при любом уровне принадлежности α точные нижняя и верхняя границы показателя достигаются на границах α-срезов исходных нечетких чисел и вычисляются по формуле (11) без перебора и без выборочной ошибки

$$CC_i^L(\alpha)=\sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij}\left(x_{ij}^L(\alpha)\right), \; CC_i^U(\alpha)=\sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij}\left(x_{ij}^U(\alpha)\right),$$

$$x_{ij}^L(\alpha)=l_{ij}+\alpha\left(m_{ij}-l_{ij}\right), \; x_{ij}^U(\alpha)=u_{ij}-\alpha\left(u_{ij}-m_{ij}\right), \tag{11}$$

где $x_{ij}^L(\alpha)$ и $x_{ij}^U(\alpha)$ – границы α-среза треугольного числа, для минимизируемых критериев подставляемые в обратном порядке; $CC_i^L(\alpha)$ и $CC_i^U(\alpha)$ – нижняя и верхняя границы показателя на уровне α. Для схемы с вершинными расстояниями (6) утверждения 2 и 3 проверены численно.

На утверждениях 1 и 3 построен численный метод оценки достоверности упорядочения, названный далее методом α-срезов. Для пары альтернатив $i$ и $k$, упорядоченных по показателю (7), определяется уровень разделимости (12)

$$\alpha_{ik}^{*} = inf\left\{\alpha \in [0;1] : CC_k^U(\alpha) < CC_i^L(\alpha)\right\}, \quad (12)$$

где $\alpha_{ik}^{*}$ – наименьший уровень принадлежности, при котором интервалы показателя перестают пересекаться; значение 0 означает разделимость на всем носителе, значение 1 означает, что порядок пары не подтверждается даже модами. Интервалы (11) монотонно сужаются по α, поэтому уровень (12) находится бисекцией, сходящейся линейно и достигающей точности $10^{-6}$ за 20 шагов; сложность метода составляет $O(mn)$ на один уровень и $O(m^2 n \log(1/\varepsilon))$ для всех пар, что при $m = 16$ и $n = 8$ дает порядка десяти тысяч элементарных операций против двух тысяч полных прогонов при статистических испытаниях. Метод дополняет стохастическую вариацию весов, поскольку описывает неопределенность самих исходных данных, а не весов, и оценивает ее точно, а не выборочно.

*Результаты вычислительного эксперимента.* Значения интегрального показателя готовности отраслей промышленности России к декарбонизации, вычисленные по формуле (7), лежат в интервале от 0,248 до 0,485. Умеренный максимум означает, что ни одна отрасль к идеальному профилю не приближается, а лидер превосходит остальных не по всем критериям сразу, а по их совокупности. Ранжирование с разбиением на классы представлено на рисунке 2, числовые значения приведены в таблице 3.

Штриховка столбцов на рисунке 2 отвечает трем классам готовности, пунктирные линии показывают положение терцильных порогов. Числовые значения показателя и расстояний до идеального и антиидеального решений приведены в таблице 3.

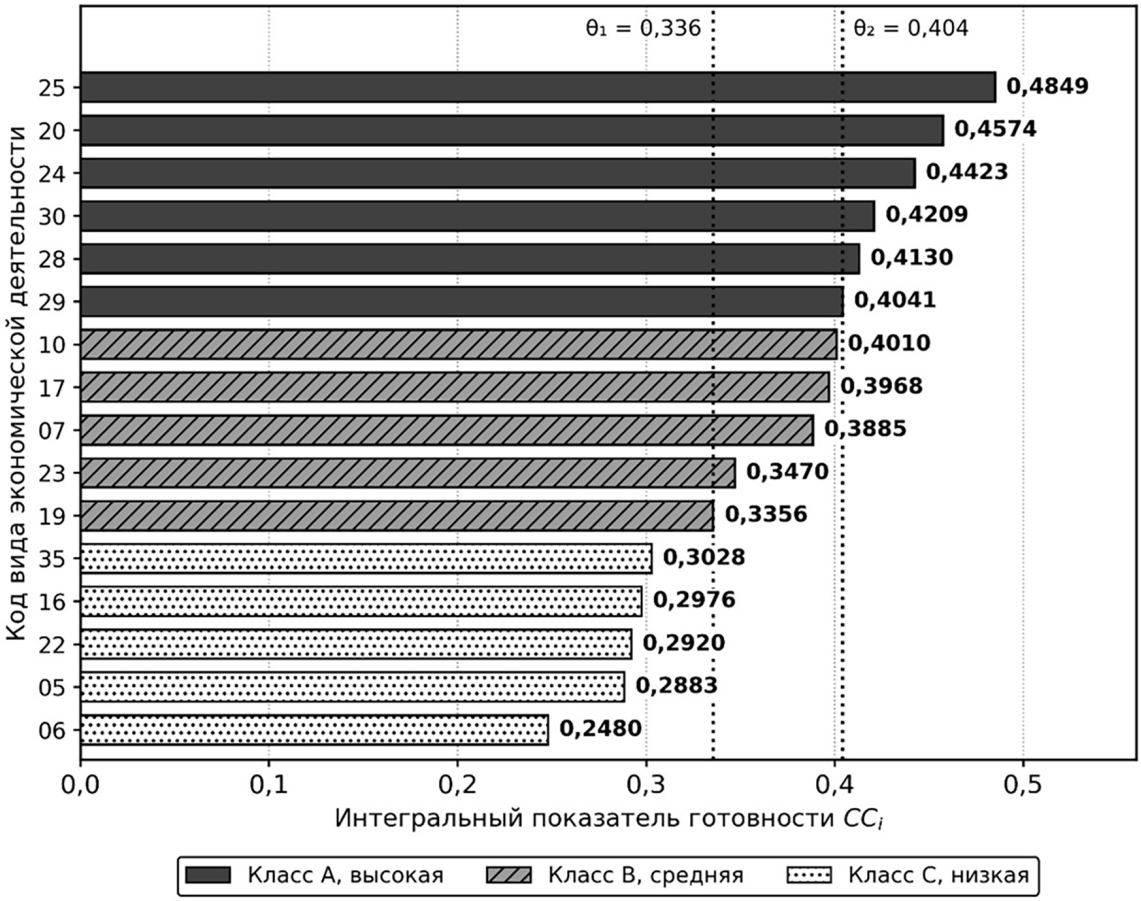



*Рис. 2. Ранжирование отраслей по интегральному показателю технологической готовности и классы готовности*
*Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования*
*Значения интегрального показателя безразмерны*

**Таблица 3**

Интегральный показатель технологической готовности и классы готовности

| Ранг | Код | Вид экономической деятельности | $d^+$ | $d^-$ | $CC_i$ | Класс |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25 | Производство готовых металлических изделий | 0,553 | 0,520 | 0,4849 | A |
| 2 | 20 | Производство химических веществ | 0,562 | 0,474 | 0,4574 | A |
| 3 | 24 | Производство металлургическое | 0,571 | 0,453 | 0,4423 | A |
| 4 | 30 | Производство прочих транспортных средств | 0,584 | 0,425 | 0,4209 | A |
| 5 | 28 | Производство машин и оборудования | 0,596 | 0,419 | 0,4130 | A |
| 6 | 29 | Производство автотранспортных средств | 0,611 | 0,414 | 0,4041 | A |
| 7 | 10 | Производство пищевых продуктов | 0,603 | 0,404 | 0,4010 | B |
| 8 | 17 | Производство бумаги и бумажных изделий | 0,620 | 0,408 | 0,3968 | B |
| 9 | 07 | Добыча металлических руд | 0,623 | 0,396 | 0,3885 | B |
| 10 | 23 | Производство прочей неметаллической минеральной продукции | 0,656 | 0,349 | 0,3470 | B |
| 11 | 19 | Производство кокса и нефтепродуктов | 0,674 | 0,340 | 0,3356 | B |
| 12 | 35 | Обеспечение электрической энергией, газом и паром | 0,701 | 0,305 | 0,3028 | C |
| 13 | 16 | Обработка древесины | 0,712 | 0,302 | 0,2976 | C |
| 14 | 22 | Производство резиновых и пластмассовых изделий | 0,717 | 0,296 | 0,2920 | C |
| 15 | 05 | Добыча угля | 0,742 | 0,301 | 0,2883 | C |
| 16 | 06 | Добыча нефти и природного газа | 0,761 | 0,251 | 0,2480 | C |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования. Классы A, B и C отражают положение отрасли внутри рассмотренной выборки, их границы заданы терцилями распределения при $\theta_1 = 0{,}336$ и $\theta_2 = 0{,}404$.

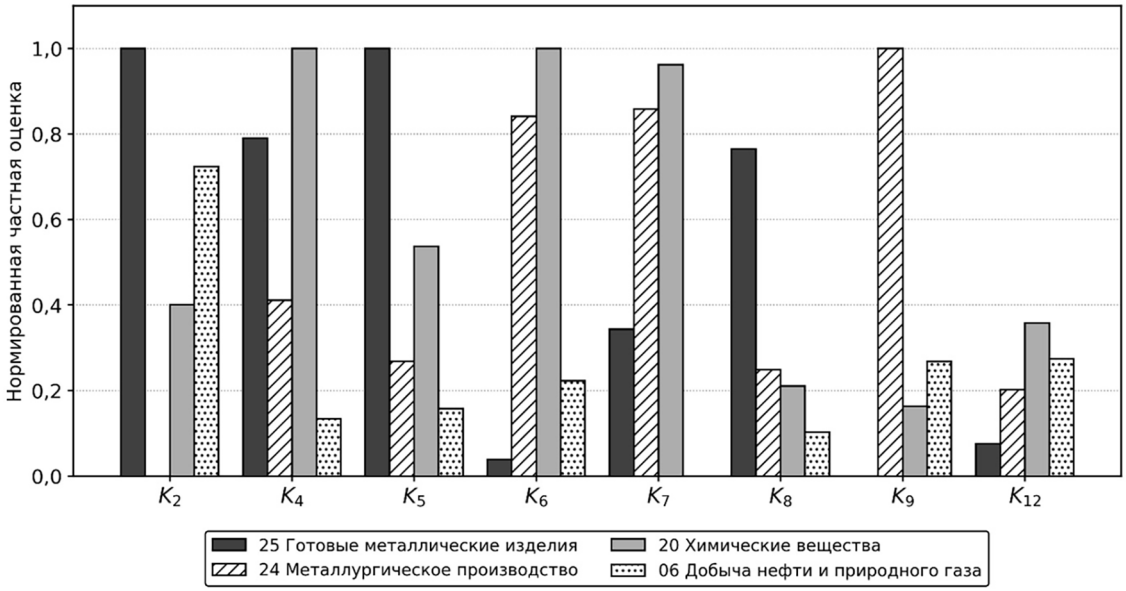



*Рис. 3. Профили частных оценок отраслей с различной конфигурацией технологической готовности*
*Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования*
*Значения нормированных частных оценок безразмерны и лежат в интервале от нуля до единицы*

Верх упорядочения сформирован обрабатывающими производствами с высокой долей инновационной продукции и низкой электроемкостью, низ занимают добывающие отрасли, для которых углеродно-нейтральный переход означает перестройку основного передела, а не модернизацию вспомогательных процессов [31].

**Таблица 4**

Профили отраслей с крайними значениями внутренней неоднородности

| Код | $CC_i$ | $K_2$ | $K_4$ | $K_5$ | $K_6$ | $K_7$ | $K_8$ | $K_9$ | $K_{12}$ | СКО профиля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 0,4849 | 1,000 | 0,790 | 1,000 | 0,039 | 0,343 | 0,765 | 0,000 | 0,075 | 0,407 |
| 24 | 0,4423 | 0,000 | 0,411 | 0,268 | 0,842 | 0,859 | 0,249 | 1,000 | 0,202 | 0,346 |
| 20 | 0,4574 | 0,401 | 1,000 | 0,537 | 1,000 | 0,962 | 0,211 | 0,163 | 0,358 | 0,334 |
| 06 | 0,2480 | 0,724 | 0,134 | 0,158 | 0,222 | 0,000 | 0,103 | 0,268 | 0,274 | 0,203 |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования. Значения нормированы в интервал от нуля до единицы с учетом направления предпочтения.

При рентабельности добычи нефти и природного газа 27,8% эта отрасль имеет минимальную долю улавливания и наибольший износ фондов, что финансовыми возможностями не компенсируется.

Основной содержательный результат состоит в том, что близкие значения интегрального показателя технологической готовности достигаются несовпадающими конфигурациями частных оценок. Профили четырех отраслей приведены на рисунке 3, мерой внутренней противоречивости взято среднеквадратическое отклонение нормированных частных оценок, значения которого даны в таблице 4.

Столбцы рисунка 3 сгруппированы по критериям, что позволяет сопоставлять отрасли по каждой компоненте готовности отдельно. Числовые значения тех же оценок вместе с мерой внутренней неоднородности профиля приведены в таблице 4.

Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий различаются по интегральному показателю на 0,04, однако их профили противоположны, что видно на рисунке 3. У первого климатическая инвестоемкость и доля улавливания дают нормированные оценки 1,000 и 0,859 при худшей в выборке электроемкости с оценкой 0,000, у второго наилучшие электроемкость и обновление фондов при нулевой оценке климатической инвестиционной активности. Конфигурации требуют разных управленческих решений, тогда как скалярное агрегирование признает их почти эквивалентными, поэтому итог оценки следует читать вместе с профилем. Отрасль, готовая к декарбонизации по одной группе критериев, может не иметь заделов по другой. Наиболее однородны профили угольной и нефтегазовой добычи со среднеквадратическими отклонениями 0,24 и 0,20, что означает системный, а не частный характер их отставания.

Приведенное сопоставление опирается на четыре отобранные вручную отрасли и потому имеет силу иллюстрации, а не результата. Для формального выделения типов применен метод нечетких средних, относящийся к алгоритмам искусственного интеллекта, обучаемым без учителя. Уровень готовности из данных предварительно удален центрированием строк матрицы $D^n$, в результате которого получена центрированная оценка $p_{ij}$ по формуле (13)

$$p_{ij} = d_{ij}^n - \frac{1}{n}\sum_{q=1}^{n} d_{iq}^n, \qquad (13)$$

где $p_{ij}$ – центрированная оценка $i$-й отрасли по $j$-му критерию; $d^n_{ij}$ – нормированная по направлению предпочтения оценка; $n$ – число критериев.

После такого центрирования кластеризация работает исключительно с формой профиля и не воспроизводит упорядочение по интегральному показателю. Разбиение получается минимизацией функционала $J_\beta$, заданного формулой (14),

$$J_\beta = \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{c}\mu_{ik}^{\beta} \| p_i - v_k \|^2, \ \beta = 2, \qquad (14)$$

где $J_\beta$ – минимизируемый функционал разбиения; $\mu_{ik}$ – степень принадлежности $i$-й отрасли $k$-му типу при условии $\sum_k \mu_{ik} = 1$; $p_i$ – центрированный профиль $i$-й отрасли; $v_k$ – центроид $k$-го типа; $\beta$ – параметр нечеткости разбиения; $m$ – число отраслей; $c$ – число типов. Итерационное решение задачи (14) дано формулой (15)

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{q=1}^{c}\left(\| p_i - v_k \| / \| p_i - v_q \|\right)^{2/(\beta-1)}\right]^{-1}, \ v_k = \frac{\sum_i \mu_{ik}^{\beta} p_i}{\sum_i \mu_{ik}^{\beta}} \qquad (15)$$

где $\|\cdot\|$ – евклидова норма в пространстве критериев. Формулы (15) применяются попеременно до сходимости по степеням принадлежности.

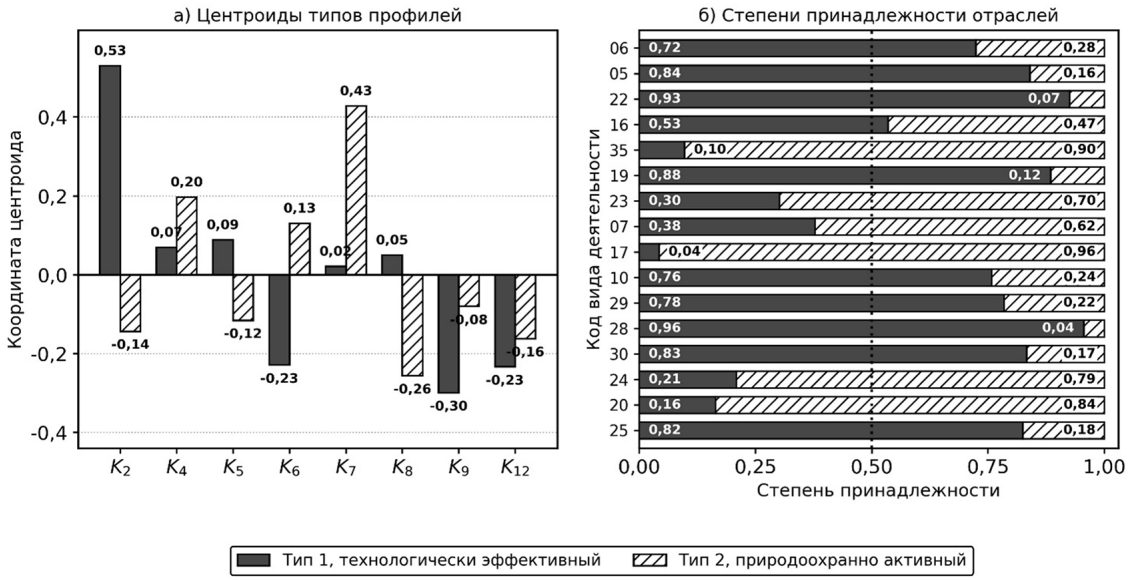



*Рис. 4. Результаты нечеткой кластеризации отраслей по форме профиля технологической готовности*
*Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования*
*Координаты центроидов и степени принадлежности безразмерны*

Вычислительная процедура реализована в следующем порядке. 1. Центрирование строк нормированной матрицы по формуле (13). 2. Инициализация матрицы принадлежностей случайными строками, нормированными на единицу, из генератора с заданным начальным состоянием. 3. Попеременный пересчет центроидов и принадлежностей по формулам (15) с ограничением расстояний снизу величиной $10^{-12}$ для исключения деления на нуль. 4. Проверка критерия остановки по максимальному изменению принадлежности между итерациями. 5. Вычисление коэффициента разбиения, энтропии разбиения и индекса *Ce* и Бени для числа типов от двух до пяти. Схема соответствует исходному алгоритму нечетких c-средних [13], вычислительная сложность одной итерации составляет $O(mcn)$, при $m = 16$, $c = 2$ и $n = 8$, полный прогон занимает доли секунды.

Число типов выбрано по показателям качества разбиения. Коэффициент разбиения при двух типах составил 0,711 против 0,556 при трех, энтропия разбиения 0,453 против 0,765, индекс *Ce* и Бени 0,264 против 0,526, то есть все три показателя согласованно указывают на два типа. Разбиение получено при параметре нечеткости, равном двум, критерием остановки служило изменение максимальной степени принадлежности менее одной стомиллиардной доли единицы, начальное приближение задавалось генератором псевдослучайных чисел PCG64 библиотеки NumPy с начальным состоянием 20250808, единым для всех стохастических процедур комплекса. Разбиение сошлось за 37 итераций, а 30 запусков со случайным начальным приближением и вариация параметра нечеткости $\beta$ от 1,5 до 3,0 дали совпадение разметки на 100%. Устойчивость разбиения дополнительно проверена бутстрэпом, а именно тысячей повторных выборок отраслей с возвращением при том же начальном состоянии генератора. Разметка всех попавших в выборку отраслей совпала с базовой в 64,5% повторных выборок, доля совпадений по отдельным отраслям составила от 0,90 до 1,00 для пятнадцати отраслей и 0,59 для обработки древесины, что согласуется с ее пограничным положением. Центроиды типов и степени принадлежности показаны на рисунке 4, числовые характеристики приведены в таблице 5.

Левая панель рисунка 4 показывает, какими критериями типы различаются между собой, правая дает степень принадлежности каждой отрасли при упорядочении по интегральному показателю. Состав типов и их числовые характеристики сведены в таблице 5.

Технологически эффективным назван тип, куда вошли производства с низкой электроемкостью, высоким обновлением фондов и заметной инновационной активностью при слабых климатических инвестициях и затратах. Резерв декарбонизации здесь состоит в переносе накопленного

технологического опыта на задачи сокращения выбросов. Ко второму типу, названному природоохранно активным, отошли энергоемкие производства с развитой газоочистной инфраструктурой и высокими климатическими затратами при низкой доле инновационной продукции. У них декарбонизация упирается не в отсутствие природоохранной практики, а в исчерпание ее возможностей без смены основной технологии, что для черной металлургии показано в отраслевой работе [32], а для производств Арктической зоны в работе [33]. Пограничной оказалась одна отрасль, обработка древесины со степенью принадлежности 0,535, у остальных пятнадцати она превышает 0,6.

**Таблица 5**

Характеристики выделенных типов профиля технологической готовности

| Тип | Состав, коды видов деятельности | Сильные критерии | Слабые критерии | Средний $CC_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. Технологически эффективный | 05, 06, 10, 16, 19, 22, 25, 28, 29, 30 | $K_2$, $K_5$, $K_4$ | $K_9$, $K_{12}$, $K_6$ | 0,3585 |
| 2. Природоохранно активный | 07, 17, 20, 23, 24, 35 | $K_7$, $K_4$, $K_6$ | $K_8$, $K_{12}$, $K_2$ | 0,3891 |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования. Сильными и слабыми названы три критерия с наибольшим и наименьшим отклонением координаты центроида от нуля.

**Таблица 6**

Результаты верификации метода

| Проверка | Показатель | Значение |
|---|---|---|
| Сопоставление с четким упорядочением по сходству с идеалом | $\rho$ Спирмена | 0,891 |
| Сопоставление с компромиссным ранжированием | $\rho$ Спирмена | 0,585 |
| Экспертная схема весов | $\rho$ Спирмена | 0,835 |
| Равные веса | $\rho$ Спирмена | 0,912 |
| Замена треугольных чисел трапециевидными | $\rho$ Спирмена | 1,000 |
| Вариация каждого веса на 20% | максимальный сдвиг ранга | 3 позиции |
| Стохастическая вариация весов, 2000 прогонов | средний $\rho$ и минимальный $\rho$ | 0,978 и 0,897 |
| Расширение носителя замещающих значений на 50% | максимальный сдвиг ранга | 0 позиций |
| Конкордация пяти схем ранжирования | $W$ Кендалла | 0,831 |
| Обращение порядка, классическая схема нормирования | число случаев из 16 | 4 |
| Обращение порядка, схема с фиксированной базой нормирования | число случаев из 16 | 0 |
| Обращение порядка при пересчете весов, классическая и фиксированная база нормирования | число случаев из 16 | 8 и 7 |
| Вариация коэффициентов базы от 1,05 и 0,95 до 1,35 и 0,75 | максимальный сдвиг ранга | 0 позиций |
| Бутстрэп нечеткого разбиения, 1000 повторных выборок | доля полных совпадений разметки | 0,645 |
| Серия из 1000 случайных наборов данных 16 × 8, классическая схема | доля наборов с обращением порядка | 1,000 (в среднем 5,7 случаев из 16) |
| Серия из 1000 случайных наборов данных 16 × 8, схема с фиксированной базой | доля наборов с обращением порядка | 0,000 |
| Упорядочение по модам при фиксированной базе против упорядочения по вершинам | $\rho$ Спирмена | 0,938 |
| Внешняя валидация по изменению удельных выбросов загрязняющих веществ, 2024 к 2020 | $\rho$ Спирмена | −0,507 (p = 0,054) |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования.

Типизация дает результат, не выводимый из уровня готовности. Ранговая корреляция степени принадлежности первому типу с интегральным показателем составила минус 0,11 при уровне значимости 0,68, что не позволяет отвергнуть гипотезу об отсутствии монотонной связи, а средние значения показателя по типам в таблице 5 различаются на 0,03 при размахе выборки 0,24. Из ранжирования тип профиля, следовательно, не восстанавливается; при этом отсутствие обнаруженной связи при 16 наблюдениях не равнозначно доказанной независимости и означает лишь, что типизация дает сведения, не содержащиеся в упорядочении. Это придает выявленной некомпенсируемости статус результата и составляет вклад методов искусственного интеллекта в решение поставленной многокритериальной задачи. Отрасли 24 и 25 на рисунке 4б при разнице показателя в 0,04 отнесены к разным типам со степенями принадлежности 0,79 и 0,82.

Проведены 18 независимых проверок, результаты которых сведены в таблице 6. Распределение ранговой корреляции при стохастической вариации весов и итог испытания на обращение порядка показаны на рисунке 5.

Испытанию на обращение порядка отвечают три отдельные строки таблицы 6, а распределение ранговой корреляции при стохастической вариации весов и итог этого испытания показаны на рисунке 5.

Замена вида функций принадлежности упорядочение не изменила вовсе, что говорит об устойчивости оценки к произволу в выборе формы нечеткого числа. Стохастическая вариация весов на рисунке 5а сохраняет ранговую корреляцию не ниже 0,897 в худшем из двух тысяч прогонов при среднем 0,978.

Стохастическое испытание дает не только точечные оценки, но и распределения. Стандартное отклонение интегрального показателя по двум тысячам прогонов не превышает 0,014 при размахе выборки 0,24, а пятипроцентный и девяностопятипроцентный квантили не перекрываются у отраслей, различающихся более чем на пять позиций. Вероятность сохранить базовый ранг составляет от 0,36 до 1,00 и закономерно ниже в середине упорядочения, где значения показателя сближены. Устойчивой при этом остается принадлежность к классу: для трех верхних и пяти нижних отраслей класс не меняется ни в одном прогоне. Полные характеристики распределений показателя и рангов по каждой отрасли приведены в таблице 7.

Результаты применения метода α-срезов сведены в таблицу 8. Из 120 упорядоченных пар отраслей 21 пара разделима на всем носителе, 66 пар при $\alpha \leq 0{,}5$ и 104 пары при $\alpha \leq 0{,}9$; для 10 пар, в том числе для пяти соседних по рангу, порядок не подтверждается модами, что согласуется с низкой вероятностью сохранения ранга в середине упорядочения по таблице 7. Существенно, что все 30 пар, образованных отраслями классов A и C, разделимы при $\alpha \leq 0{,}34$, а 16 из них на всем носителе; отнесение к крайним классам, таким образом, устойчиво к неопределенности исходных данных, тогда как порядок соседних отраслей внутри класса имеет иллюстративный характер. Упорядочение по модам согласуется с упорядочением по вершинным расстояниям при $\rho = 0{,}938$, расхождение локализовано у отраслей с несимметричным носителем (коды 20 и 05), у которых вершинная аппроксимация смещает оценку в сторону широкой границы носителя.

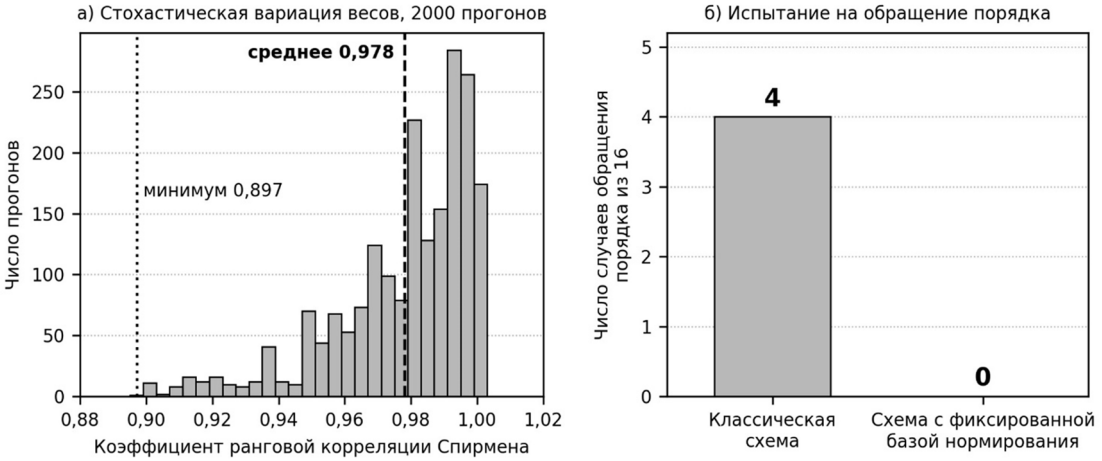



*Рис. 5. Результаты проверки устойчивости ранжирования*
*Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования*
*Коэффициент ранговой корреляции безразмерен*

**Таблица 7**

Распределения интегрального показателя и рангов
при стохастической вариации весов, 2000 прогонов

| Код | Ранг | $CC_i$ базовый | Среднее $CC_i$ | СКО $CC_i$ | Квантиль 5% | Квантиль 95% | Диапазон рангов | Вероятность базового ранга | Вероятность сдвига не более чем на одну позицию | Вероятность базового класса |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 1 | 0,4849 | 0,4846 | 0,0126 | 0,4645 | 0,5052 | 1–3 | 0,90 | 0,97 | 1,00 |
| 20 | 2 | 0,4574 | 0,4577 | 0,0133 | 0,4356 | 0,4792 | 1–5 | 0,86 | 0,99 | 1,00 |
| 24 | 3 | 0,4423 | 0,4426 | 0,0122 | 0,4225 | 0,4626 | 1–7 | 0,81 | 0,92 | 1,00 |
| 30 | 4 | 0,4209 | 0,4208 | 0,0121 | 0,4016 | 0,4410 | 2–8 | 0,60 | 0,85 | 0,92 |
| 28 | 5 | 0,4130 | 0,4128 | 0,0115 | 0,3941 | 0,4318 | 3–9 | 0,53 | 0,85 | 0,76 |
| 29 | 6 | 0,4041 | 0,4041 | 0,0106 | 0,3869 | 0,4218 | 4–9 | 0,40 | 0,74 | 0,49 |
| 10 | 7 | 0,4010 | 0,4009 | 0,0128 | 0,3795 | 0,4214 | 3–9 | 0,36 | 0,74 | 0,59 |
| 17 | 8 | 0,3968 | 0,3972 | 0,0115 | 0,3780 | 0,4162 | 4–9 | 0,43 | 0,72 | 0,72 |
| 07 | 9 | 0,3885 | 0,3884 | 0,0120 | 0,3691 | 0,4089 | 4–9 | 0,61 | 0,82 | 0,90 |
| 23 | 10 | 0,3470 | 0,3473 | 0,0122 | 0,3272 | 0,3670 | 10–11 | 0,82 | 1,00 | 0,82 |
| 19 | 11 | 0,3356 | 0,3355 | 0,0080 | 0,3224 | 0,3484 | 10–12 | 0,81 | 1,00 | 0,49 |
| 35 | 12 | 0,3028 | 0,3030 | 0,0123 | 0,2833 | 0,3238 | 11–15 | 0,78 | 0,87 | 1,00 |
| 16 | 13 | 0,2976 | 0,2977 | 0,0103 | 0,2803 | 0,3144 | 12–15 | 0,75 | 0,94 | 1,00 |
| 22 | 14 | 0,2920 | 0,2919 | 0,0077 | 0,2792 | 0,3044 | 12–15 | 0,49 | 0,81 | 1,00 |
| 05 | 15 | 0,2883 | 0,2882 | 0,0075 | 0,2757 | 0,3003 | 12–15 | 0,64 | 0,90 | 1,00 |
| 06 | 16 | 0,2480 | 0,2478 | 0,0062 | 0,2379 | 0,2582 | 16–16 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования. Все величины безразмерны. Веса в каждом прогоне умножены на независимые случайные множители из равномерного распределения на отрезке от 0,8 до 1,2 и перенормированы; начальное состояние генератора 20250808. Класс определен по терцильным порогам базового упорядочения.

**Таблица 8**

Интервалы интегрального показателя и уровни разделимости по методу α-срезов

| Код | Ранг | $CC_i$ по формуле (7) | Нижняя граница $CC_i^L(0)$ | $CC_i$ по модам | Верхняя граница $CC_i^U(0)$ | Уровень разделимости $\alpha^*$ с отраслью следующего ранга | Число пар, разделимых на всем носителе, из 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 1 | 0,4849 | 0,259 | 0,462 | 0,483 | 0,661 | 1 |
| 20 | 2 | 0,4574 | 0,300 | 0,335 | 0,462 | 1,000 | 4 |
| 24 | 3 | 0,4423 | 0,290 | 0,359 | 0,416 | 1,000 | 4 |
| 30 | 4 | 0,4209 | 0,283 | 0,362 | 0,365 | 0,987 | 4 |
| 28 | 5 | 0,4130 | 0,266 | 0,360 | 0,367 | 0,938 | 2 |
| 29 | 6 | 0,4041 | 0,238 | 0,351 | 0,382 | 0,902 | 1 |
| 10 | 7 | 0,4010 | 0,278 | 0,337 | 0,348 | 0,814 | 2 |
| 17 | 8 | 0,3968 | 0,241 | 0,312 | 0,380 | 1,000 | 1 |
| 07 | 9 | 0,3885 | 0,245 | 0,324 | 0,362 | 0,566 | 1 |
| 23 | 10 | 0,3470 | 0,248 | 0,279 | 0,302 | 0,967 | 1 |
| 19 | 11 | 0,3356 | 0,199 | 0,277 | 0,321 | 0,675 | 0 |
| 35 | 12 | 0,3028 | 0,218 | 0,237 | 0,263 | 0,754 | 5 |
| 16 | 13 | 0,2976 | 0,200 | 0,216 | 0,283 | 1,000 | 3 |
| 22 | 14 | 0,2920 | 0,180 | 0,228 | 0,281 | 0,770 | 3 |
| 05 | 15 | 0,2883 | 0,141 | 0,186 | 0,321 | 1,000 | 0 |
| 06 | 16 | 0,2480 | 0,144 | 0,198 | 0,238 | – | 10 |

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования. Все величины безразмерны. Интервалы вычислены по формуле (11) при фиксированной базе нормирования; уровень разделимости найден бисекцией по формуле (12) с точностью $10^{-6}$; значение 1,000 означает, что порядок пары не подтверждается модами.

Пониженное согласие с компромиссным ранжированием, составившее 0,585, объяснимо различием решающих правил двух методов и представляет собой методическую зависимость результата от выбора процедуры, а не дефект расчета. Компромиссная процедура штрафует альтернативу по наихудшему частному показателю, тогда как использованное агрегирование учитывает совокупное расстояние до идеала. Металлургическое производство с 3-го места базового упорядочения опускается на 14-е в компромиссном именно из-за наихудшей электроемкости, что видно из его профиля на рисунке 3. Расхождение двух методов служит дополнительным признаком отраслей с некомпенсируемым профилем готовности к декарбонизации.

Испытание на обращение порядка выявило ограничение классической схемы, поскольку последовательное исключение каждой из 16 отраслей в четырех случаях меняло взаимный порядок оставшихся. Модификация с фиксированной базой нормирования по формуле (8) не дала ни одного случая обращения при полном совпадении упорядочения с базовым, что отражено на рисунке 5б, и это дает основание рекомендовать ее как основную при работе с отраслями промышленности России, состав которых в статистических публикациях меняется от выпуска к выпуску.

Отсутствие обращения порядка достигается при неизменных весах. Если веса пересчитывать после удаления каждой отрасли, взаимный порядок оставшихся меняется в восьми из 16 испытаний при классической схеме и в семи при схеме с фиксированной базой нормирования, поскольку объективная процедура взвешивания сама зависит от состава совокупности. Устойчивость упорядочения, таким образом, обеспечивается совместным выполнением двух условий, а именно фиксацией базы нормирования и фиксацией весов.

Исключение любого одного критерия сохраняет ранговую корреляцию с базовым упорядочением в диапазоне от 0,744 при исключении электроемкости до 0,997 при исключении рентабельности, что соответствует весам таблицы 2 и подтверждает согласованность схемы взвешивания и итогового результата.

**Таблица 9**

Внешняя валидация: динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ по отраслям

| Код | Ранг по $CC_i$ | Выбросы загрязняющих веществ в 2020 г., тыс. т | Выбросы загрязняющих веществ в 2024 г., тыс. т | Индекс физического объема производства 2024 к 2020, % | Изменение выбросов на единицу физического объема 2024 к 2020, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 1 | 37,8 | 56,9 | 210,5 | -28,5 |
| 20 | 2 | 432,9 | 381,2 | 115,6 | -23,8 |
| 24 | 3 | 1499,6 | 1393,2 | 102,4 | -9,2 |
| 30 | 4 | 34,5 | 48,5 | 187,3 | -24,9 |
| 28 | 5 | 19,3 | 18,9 | 128,6 | -23,8 |
| 29 | 6 | 22,0 | 25,3 | 87,7 | 31,2 |
| 10 | 7 | 259,4 | 178,1 | 117,4 | -41,5 |
| 17 | 8 | 75,8 | 80,4 | 117,5 | -9,7 |
| 07 | 9 | 2385,7 | 1887,0 | 98,9 | -20,0 |
| 23 | 10 | 425,9 | 505,9 | 123,5 | -3,8 |
| 19 | 11 | 666,4 | 590,3 | 104,1 | -14,9 |
| 35 | 12 | 2890,9 | 3154,5 | 110,2 | -1,0 |
| 16 | 13 | 128,2 | 145,8 | 104,1 | 9,3 |
| 22 | 14 | 21,3 | 27,4 | 124,0 | 3,7 |
| 05 | 15 | 1379,1 | 1207,1 | 110,6 | -20,9 |
| 06 | 16 | 2343,1 | 2722,1 | не публикуется | не рассчитано |

Примечание: составлено авторами по данным табл. 10.6 и 1.15 сборника, указанного в сноске 1. Выбросы от стационарных источников по данным Росприроднадзора. Индекс физического объема получен цепным перемножением годовых индексов 2021–2024 годов; для добычи нефти и природного газа индексы за 2023–2024 годы не публикуются.

Влияние замещающих значений критерия $K_8$ проверено расширением носителя соответствующих нечетких чисел, поскольку менее надежной оценке отвечает более широкий интервал. Расширение на 25% и на 50% упорядочение не изменило, расширение на 100% сместило одну отрасль на одну позицию при $\rho = 0{,}997$, то есть положение добывающих отраслей внизу задано остальными семью критериями. Такую проверку делает возможной именно нечеткая, а не точечная форма данных, дающая числовую оценку последствий неполноты статистики без исключения отраслей из анализа, и в этом состоит практическая отдача методов искусственного интеллекта. При одновременном исключении всех трех отраслей с замещающими значениями классическая схема изменила порядок оставшихся 13 с максимальным сдвигом в две позиции, схема с фиксированной базой нормирования сохранила его полностью.

*Внешняя валидация.* Для проверки связи оценки готовности с фактической динамикой выбросов использованы натурные данные Росприроднадзора о выбросах загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников по видам деятельности за 2020–2024 годы и индексы физического объема производства. Данные о выбросах парниковых газов по видам деятельности ОКВЭД2 национальный кадастр не публикует, поэтому выбросы загрязняющих веществ приняты как ближайший доступный натурный индикатор результата природоохранной модернизации. Результаты приведены в таблице 9. Изменение абсолютного объема выбросов с оценкой готовности не связано ($\rho = 0{,}02$, $p = 0{,}93$, $n = 16$), что ожидаемо при разнонаправленной динамике выпуска. Изменение выбросов на единицу физического объема производства связано с готовностью отрицательно ($\rho = -0{,}51$, $p = 0{,}054$, $n = 15$): отрасли с более высоким интегральным показателем сильнее снизили удельные выбросы, наибольшее снижение показали производство пищевых продуктов, готовых металлических изделий и прочих транспортных средств, рост удельных выбросов отмечен у автотранспортных средств, обработки древесины и резиновых изделий. Связь находится на границе пятипроцентного уровня значимости и подтверждает направление, а не силу зависимости; для окна 2020–2022 годов с шестнадцатью отраслями она слабее ($\rho = -0{,}39$, $p = 0{,}13$). Прежняя проверка по ряду углеродоемкости кадастра для пяти отраслей сохранена в разделе ограничений.

*Программная реализация и воспроизводимость.* Метод реализован в виде программного комплекса fmcdm_readiness на языке Python версии 3.12 с библиотеками NumPy 2.x, SciPy 1.x и openpyxl 3.x. Комплекс состоит из десяти модулей, отвечающих блокам схемы на рисунке 1, а именно загрузка исходной матрицы и нечетких чисел из книги данных; вычисление весов по формуле (4); нечеткое агрегирование по формулам (5)–(7) с переключением классической и фиксированной базы нормирования по формуле (8); испытание на обращение порядка; стохастическая вариация весов с формированием распределений показателя и рангов; нечеткие c-средние по формулам (13)–(15) с показателями качества разбиения; бутстрэп разбиения; точное интервальное распространение неопределенности по α-срезам с бисекцией уровня разделимости по формулам (9)–(12); серия вычислительных экспериментов на случайных наборах данных; внешняя валидация по натурным данным о выбросах. Все стохастические процедуры используют генератор PCG64 с начальным состоянием 20250808, задаваемым единственным параметром запуска, что делает каждый численный результат статьи воспроизводимым побитно.

Точность реализации проверена сопоставлением с независимым расчетом в книге электронных таблиц, где формулы (4)–(7) и (13) записаны в ячейках; значения весов, расстояний, интегрального показателя, степеней принадлежности и показателей качества разбиения совпали с машинной точностью при расхождении не более $10^{-12}$. Численная устойчивость обеспечена ограничением расстояний снизу в формуле (15) и перенормированием весов после каждого возмущения. Сходимость последовательности итераций (15) к локальному минимуму или седловой точке функционала (14) установлена в работе [34]; в данном расчете она достигнута за 37 итераций при пороге $10^{-11}$, а совпадение разметки при 30 случайных начальных приближениях свидетельствует об отсутствии конкурирующих локальных минимумов на рассмотренных данных. Вычислительная сложность определения весов составляет $O(mn + n^2)$, агрегирования $O(mn)$, одной итерации нечетких c-средних $O(mcn)$; полный прогон комплекса, включающий 2000 стохастических прогонов и 1000 бутстрэп-выборок, занимает около двух секунд на одном ядре процессора, серия из тысячи случайных наборов данных около шести секунд, метод α-срезов для всех 120 пар менее одной секунды.

Репликационный пакет включает программный код, книгу исходных рядов и расчетов, файл результатов в формате JSON и данные рисунков; он передан в редакцию вместе с рукописью и предоставляется корреспондирующим автором по запросу. Исходная дефаззифицированная матрица, по которой вычислены веса таблицы 2 и профили таблицы 4, приведена в таблице 10.

**Таблица 10**

Исходная дефаззифицированная матрица критериев

| Код | Вид экономической деятельности | $K_2$, кВт·ч / тыс. руб. | $K_4$, % | $K_5$, % | $K_6$, руб. / тыс. руб. | $K_7$, % | $K_8$, % | $K_9$, руб. / тыс. руб. | $K_{12}$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 05 | Добыча угля | 4,95 | 50,0 | 12,9 | 0,498 | 22,3 | 3,47 | 0,0754 | 19,1 |
| 06 | Добыча нефти и природного газа | 4,78 | 56,9 | 8,5 | 0,636 | 2,4 | 3,47 | 1,6893 | 25,4 |
| 07 | Добыча металлических руд | 11,95 | 43,1 | 16,0 | 1,114 | 57,5 | 3,47 | 0,7176 | 77,3 |
| 10 | Производство пищевых продуктов | 1,56 | 49,4 | 10,1 | 0,068 | 75,1 | 4,23 | 0,0420 | 9,0 |
| 16 | Обработка древесины | 4,68 | 50,2 | 7,8 | 0,231 | 73,6 | 1,60 | 0,3975 | 14,9 |
| 17 | Производство бумаги и бумажных изделий | 12,77 | 47,4 | 9,9 | 1,697 | 83,1 | 5,37 | 2,7072 | 19,1 |
| 19 | Производство кокса и нефтепродуктов | 2,26 | 49,4 | 10,9 | 0,751 | 29,2 | 4,03 | 0,6188 | 11,4 |
| 20 | Производство химических веществ | 8,77 | 39,2 | 12,3 | 2,625 | 90,8 | 5,70 | 1,0309 | 31,4 |
| 22 | Производство резиновых и пластмассовых изделий | 2,41 | 57,2 | 9,0 | 0,099 | 30,6 | 5,83 | 0,0041 | 11,8 |
| 23 | Производство прочей неметаллической минеральной продукции | 6,14 | 53,7 | 7,0 | 1,254 | 94,3 | 3,47 | 0,3994 | 15,3 |
| 24 | Производство металлургическое | 13,74 | 51,2 | 9,6 | 2,221 | 81,3 | 6,50 | 6,2974 | 20,2 |
| 25 | Производство готовых металлических изделий | 1,36 | 43,5 | 16,9 | 0,168 | 34,0 | 17,20 | 0,0039 | 11,1 |
| 28 | Производство машин и оборудования | 1,49 | 50,2 | 13,1 | 0,117 | 34,0 | 11,80 | 0,0029 | 11,5 |
| 29 | Производство автотранспортных средств | 1,86 | 59,6 | 8,3 | 0,237 | 43,8 | 19,30 | 0,0224 | 5,8 |
| 30 | Производство прочих транспортных средств | 2,02 | 47,6 | 12,0 | 0,398 | 23,0 | 22,07 | 0,0117 | 6,8 |
| 35 | Обеспечение электрической энергией, газом и паром | 12,69 | 46,3 | 7,2 | 0,573 | 83,7 | 1,33 | 1,7194 | 9,6 |

Примечание: составлено авторами по источникам, указанным в сносках 1 и 2. Дефаззифицированное значение равно среднему вершин треугольного нечеткого числа ($l$, $m$, $u$); именно по этой матрице после нормирования по направлению предпочтения вычислены веса таблицы 2 и профили таблицы 4. Полные ряды 2020–2025 годов и параметры нечетких чисел содержит книга расчетов репликационного пакета.

*Ограничения.* Полученные результаты ограничены шестью обстоятельствами. Выборка охватывает 16 видов экономической деятельности, по которым все восемь критериев публикуются одновременно, вследствие чего распространение выводов на промышленность России в целом требует отдельного обоснования. Внешняя проверка упорядочения по независимому ряду углеродоемкости выполнена только для пяти отраслей, охваченных переходным ключом кадастра, и результата не дала: ранговая корреляция составила минус 0,10 при уровне значимости 0,87, что при таком объеме наблюдений не позволяет ни подтвердить, ни опровергнуть внешнюю валидность упорядочения. Расширение ключа на остальные отрасли составляет предмет отдельной работы. Носители нечетких чисел построены по наблюдаемому размаху рядов и объединяют межгодовую вариацию, погрешность измерения и последствия методологических разрывов, тогда как раздельная оценка этих составляющих по открытым данным недостижима, поэтому ширина носителя не может истолковываться как оценка погрешности измерения. Знаменателем удельных показателей служит объем отгруженной продукции в текущих ценах без дефлирования, что при сопоставлении лет вносит смещение, частично компенсируемое шириной носителя. Критерии $K_6$, $K_7$ и $K_9$ характеризуют масштаб природоохранной деятельности, а не достигнутое сокращение выбросов, и их валидность как индикаторов готовности требует подтверждения по мере накопления

отраслевых данных о фактической динамике выбросов. Валидация по натурным данным выполнена по выбросам загрязняющих веществ, а не парниковых газов, поскольку национальный кадастр публикует выбросы по категориям источников, а не по видам экономической деятельности ОКВЭД2; построение переходного ключа и валидация по парниковым газам составляют предмет отдельной работы. Утверждения 1–3 доказаны для четкой реализации схемы с фиксированной базой, для схемы с вершинными расстояниями они подтверждены численно.

## Заключение

Разработан метод оценки технологической готовности отраслей промышленности России к декарбонизации на основе методов искусственного интеллекта и нечеткого многокритериального анализа, отличающийся тем, что параметры нечеткой формализации исходных данных калибруются по двум независимым внешним основаниям, а именно по публикуемым оценкам погрешности национальной системы инвентаризации выбросов и по фактическому размаху межгодовой вариации статистических показателей. Ширина носителя нечетких чисел задается при этом эмпирически по наблюдаемым данным без экспертного назначения параметров, а ее составляющие разной природы явно перечислены и отнесены к ограничениям метода.

Предложена модификация процедуры многокритериального нормирования с фиксированной базой нормирования, реализованная в составе воспроизводимого программного комплекса, устраняющая обращение порядка при изменении состава сравниваемых альтернатив. Инвариантность модифицированной схемы к составу множества, липшицева устойчивость показателя к возмущению весов и точность интервального распространения неопределенности по α-срезам доказаны аналитически; в проведенном испытании классическая схема дала четыре случая обращения из 16, а на серии из 1000 случайных наборов данных обращение возникало в каждом наборе, тогда как модифицированная схема при неизменных весах не дала ни одного случая ни в одном наборе. На этой основе предложен численный метод α-срезов, показавший, что отнесение отраслей к крайним классам готовности разделимо при уровне принадлежности не выше 0,34, а порядок соседних отраслей внутри класса модами не подтверждается.

Нечеткой кластеризацией с обучением без учителя, относящейся к методам искусственного интеллекта, выделены два типа профиля технологической готовности к декарбонизации: технологически эффективный и природоохранно активный, устойчивость которых подтверждена бутстрэпом при тысяче повторных выборок. Степень принадлежности типу коррелирует с интегральным показателем на уровне минус 0,11, что при 16 наблюдениях статистически неотличимо от нуля и означает лишь отсутствие обнаруженной монотонной связи между типом профиля и уровнем готовности. Из ранжирования тип профиля, следовательно, не восстанавливается и требует самостоятельной процедуры выявления. Отсутствие обнаруженной связи не равнозначно доказанной независимости и относится к рассмотренной выборке.

Метод апробирован на 16 видах экономической деятельности промышленности России по данным государственной статистики за 2020–2025 годы и дает сопоставимую оценку их продвижения к углеродной нейтральности. Получено ранжирование, выделены три класса готовности, показана устойчивость результата к вариации весов, виду функций принадлежности и сокращению критериальной системы. Близким значениям интегрального показателя отвечают несовпадающие конфигурации частных оценок, которые скалярные показатели не различают, и выявление таких конфигураций составляет самостоятельный практический результат метода. Внешняя валидация по натурным данным Росприроднадзора показала отрицательную связь готовности с изменением удельных выбросов загрязняющих веществ за 2020–2024 годы ($\rho = -0{,}51$, $p = 0{,}054$), то есть отрасли с более высокой оценкой сильнее снизили выбросы на единицу физического объема производства.

## Список литературы

1. Rissman J., Bataille C., Masanet E., Aden N., Morrow W.R., Zhou N. et al. Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070 // Applied Energy. 2020. Vol. 266. Art. 114848. URL: 10.1016/j.apenergy.2020.114848 (дата обращения: 08.08.2026).

2. Порфирьев, Б. Н. Декарбонизация versus адаптация экономики к климатическим изменениям в стратегии устойчивого развития // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4(193). С. 45-54. DOI: 10.47711/0868-6351-193-45-54. EDN: JHFMGO.

3. Порфирьев Б. Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2(173). С. 3-13. EDN: IHSBHK.

4. Башмаков И. А. Анализ оценок перспектив декарбонизации российской экономики аналитическими центрами // Современная мировая экономика. 2025. Т. 3 № 3(11). С. 26-56. DOI: 10.17323/2949-5776-2025-3-3-26-56. EDN: SGTSJW.

5. Mankins J. C. Technology readiness assessments: A retrospective // Acta Astronautica. 2009. Vol. 65. № 9–10. P. 1216–1223. DOI: 10.1016/j.actaastro.2009.03.058.

6. Петров А. Н., Комаров А. В. Оценка уровня технологической готовности конкурсных заявок с использованием методологии TPRL // Экономика науки. 2020.

Т. 6. № 1– 2. С. 88–99. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-88-99. EDN: ARTNEL.

7. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness // Social Indicators Research. 2019. Vol. 141. № 1. P. 61–94. DOI: 10.1007/s11205-017-1832-9.

8. Ünlü H., Demirörs O., Garousi V. Readiness and maturity models for Industry 4.0: A systematic literature review // Journal of Software: Evolution and Process. 2024. Vol. 36. № 7. Art. e2641. DOI: 10.1002/smr.2641.

9. Hizam-Hanafiah M., Soomro M.A., Abdullah N. L. Industry 4.0 readiness models: A systematic literature review of model dimensions // Information. 2020. Vol. 11. № 7. Art. 364. DOI: 10.3390/info11070364.

10. Kahraman C., Cevik Onar S., Oztaysi B. Fuzzy multicriteria decision-making: A literature review // International Journal of Computational Intelligence Systems. 2015. Vol. 8. № 4. P. 637–666. DOI: 10.1080/18756891.2015.1046325.

11. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. P. 338–353. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

12. Sahoo S. K., Goswami S. S. A comprehensive review of multiple criteria decision-making (MCDM) methods: Advancements, applications, and future directions // Decision Making Advances. 2023. Vol. 1. № 1. P. 25–48. DOI: 10.31181/dma1120237.

13. Bezdek J. C., Ehrlich R., Full W. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm // Computers & Geosciences. 1984. Vol. 10. № 2–3. P. 191–203. DOI: 10.1016/0098-3004(84)90020-7.

14. Судаков В. А., Сивакова Т. В. Многокритериальная оценка объектов интереса на основе моделей мягких вычислений // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 8. С. 81–87. DOI: 10.17513/snt.40116. EDN: XCCTBO.

15. Вострых А. В. Метод и алгоритмы многокритериальной оценки графических пользовательских интерфейсов программных продуктов МЧС России // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 4(40). С. 57–64. DOI: 10.37468/2307-1400-2023-2022-4-57-64. EDN: GCHUOC.

16. Kaya İ., Çolak M., Terzi F. A comprehensive review of fuzzy multi criteria decision making methodologies for energy policy making // Energy Strategy Reviews. 2019. Vol. 24. P. 207–228. DOI: 10.1016/j.esr.2019.03.003.

17. Pour P. D., Ahmed A. A., Nazzal M. A., Darras B. M. An Industry 4.0 technology selection framework for manufacturing systems and firms using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods // Systems. 2023. Vol. 11. № 4. Art. 192. DOI: 10.3390/systems11040192.

18. Çalık A. A novel Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection in the Industry 4.0 era // Soft Computing. 2021. Vol. 25. № 3. P. 2253–2265. DOI: 10.1007/s00500-020-05294-9.

19. Büyüközkan G., Karabulut Y., Göçer F. Spherical fuzzy sets based integrated DEMATEL, ANP, VIKOR approach and its application for renewable energy selection in Turkey // Applied Soft Computing. 2024. Vol. 158. Art. 111465. DOI: 10.1016/j.asoc.2024.111465.

20. Rani P., Mishra A. R., Pardasani K. R., Mardani A., Liao H., Streimikiene D. A novel VIKOR approach based on entropy and divergence measures of Pythagorean fuzzy sets to evaluate renewable energy technologies in India // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 238. Art. 117936. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117936.

21. Seker S., Aydin N. Assessment of hydrogen production methods via integrated MCDM approach under uncertainty // International Journal of Hydrogen Energy. 2022. Vol. 47. № 5. P. 3171–3184. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.07.232.

22. He Q., Ren X., Li W., Dong L., Hu X. Sustainability prioritization of CCUS systems with consideration of criteria interaction: A fuzzy multi-criteria decision-making framework based on 2-additive fuzzy measure and Choquet integral method // Environment, Development and Sustainability. 2026. Vol. 28. № 4. P. 8119–8143. DOI: 10.1007/s10668-024-05275-0.

23. Çolak M., Kaya İ. Multi-criteria evaluation of energy storage technologies based on hesitant fuzzy information: A case study for Turkey // Journal of Energy Storage. 2020. Vol. 28. Art. 101211. DOI: 10.1016/j.est.2020.101211.

24. Kumar A., Luthra S., Mangla S. K., Garza-Reyes J. A., Kazancoglu Y. Analysing the adoption barriers of low-carbon operations: A step forward for achieving net-zero emissions // Resources Policy. 2023. Vol. 80. Art. 103256. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.103256.

25. Kokkinos K., Karayannis V. Supportiveness of low-carbon energy technology policy using fuzzy multicriteria decision-making methodologies // Mathematics. 2020. Vol. 8. № 7. Art. 1178. DOI: 10.3390/math8071178.

26. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method // Computers & Operations Research. 1995. Vol. 22. № 7. P. 763–770. DOI: 10.1016/0305-0548(94)00059-H.

27. Liu Y., Eckert C.M., Earl C. A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements // Expert Systems with Applications. 2020. Vol. 161. Art. 113738. DOI: 10.1016/j.eswa.2020.113738.

28. Stević Ž., Pamučar D., Puška A., Chatterjee P. Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution (MARCOS) // Computers & Industrial Engineering. 2020. Vol. 140. Art. 106231. DOI: 10.1016/j.cie.2019.106231.

29. Chen C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment // Fuzzy Sets and Systems. 2000. Vol. 114. № 1. P. 1–9. DOI: 10.1016/S0165-0114(97)00377-1.

30. Opricovic S., Tzeng G. H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS // European Journal of Operational Research. 2004. Vol. 156. № 2. P. 445–455. DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00020-1.

31. Холодионова А. С., Кулик А. А. Основные аспекты декарбонизации нефтегазовой отрасли России // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 7(92). С. 102-106. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-7-102-106. EDN: KYSPKT.

32. Черникова О. П., Афанасьева О. В., Афанасьев Е. Г. Направления декарбонизации Российской черной металлургии // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2025. Т. 68. № 1. С. 90-97. DOI: 10.17073/0368-0797-2025-1-90-97. EDN: NKRTBA.

33. Скуфьина Т. П., Самарина В. П., Самарин А. В. Процессы декарбонизации производства и перспективы Арктики как углеродно нейтральной территории // Уголь. 2022. № 6(1155). С. 54–58. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-54-58. EDN: RXYRGK.

34. Bezdek J. C., Hathaway R. J., Sabin M. J., Tucker W. T. Convergence theory for fuzzy c-means: Counterexamples and repairs // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1987. Vol. 17. № 5. P. 873–877. DOI: 10.1109/TSMC.1987.6499296.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

**Financing:** The article was prepared based on the results of research carried out using budgetary funds under a state assignment from the Financial University under the Government of the Russian Federation.

УДК 519.8:528.8:504.064:630*907.1
DOI

CC BY 4.0

# РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ СУНЖА)

**Никифорова А. А. ORCID ID 0000-0002-2741-4153,**
**Табунщик В. А. ORCID ID 0000-0003-3555-6087,**
**Горбунова Т. Ю. ORCID ID 0000-0003-2155-6502**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского» Российской академии наук, Севастополь, Российская Федерация, e-mail: nikiforova_a@ibss-ras.ru;*
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова», Грозный, Российская Федерация*

Цель исследования – разработка и апробация комплекса алгоритмов и программных средств для автоматизированной количественной оценки многолетней динамики лесного покрова на основе глобального продукта Hansen Global Forest Change (v1.13) в границах произвольных водосборных бассейнов. В качестве модельной территории выбран бассейн р. Сунжа (Северный Кавказ, площадь 12 130,7 км²). Обработка состоит из двух этапов: выгрузка растровых слоев через Google Earth Engine и последующая статистическая обработка в среде R с использованием пакетов «terra» и «sf». Вычислительный эксперимент показал, что полный цикл обработки (от импорта до генерации итоговых таблиц и карт плотности) занимает 18 с на 16-ядерной машине с 128 Гб оперативной памяти, что подтверждает пригодность решения для оперативного мониторинга. Годовые потери леса в бассейне р. Сунжа варьировали от 0,5 км² (2015) до 42,8 км² (2016), с дополнительными пиками в 2004 г. (26,4 км²) и 2025 г. (29,7 км²). Пространственно потери локализованы преимущественно в горных и предгорных ландшафтах центральной части бассейна и в прирусловых зонах. Полученные результаты могут служить основой для моделирования углеродного и водного баланса, а также для разработки адаптивных стратегий лесопользования в регионе.

**Ключевые слова: геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли, Hansen Global Forest Change, бассейн р. Сунжа, лесной покров, временные ряды Landsat, пространственный анализ, R-программирование**

# DEVELOPMENT AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF AN ALGORITHM FOR AUTOMATED ANALYSIS OF THE LONG-TERM DYNAMICS OF FOREST COVER BASED ON REMOTE SENSING DATA (USING THE SUNZHA RIVER BASIN AS AN EXAMPLE)

**Nikiforova A. A. ORCID ID 0000-0002-2741-4153,**
**Tabunschik V. A. ORCID ID 0000-0003-3555-6087,**
**Gorbunova T. Yu. ORCID ID 0000-0003-2155-6502**

*Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center "Institute of Biology of the Southern Seas named after A. O. Kovalevskiy of the Russian Academy of Sciences", Sevastopol, Russian Federation, e-mail: nikiforova_a@ibss-ras.ru;*
*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M. D. Millionschikov", Grozny, Russian Federation*

The aim of the study is to develop and test a set of algorithms and software tools for the automated quantitative assessment of long-term forest cover dynamics based on the Hansen Global Forest Change (v1.13) global product within the boundaries of arbitrary catchment basins. The Sunzha River basin (North Caucasus, area 12,130.7 km²) was selected as the model territory. The processing consists of two stages: downloading raster layers via Google Earth Engine and subsequent statistical processing in the R environment using the "terra" and "sf" packages. The computational experiment showed that a complete processing cycle (from import to generation of final tables and density maps) takes 18 seconds on a 16-core machine with 128 gigabyte of Random Access Memory, which confirms the solution's suitability for operational monitoring. Annual forest losses in the Sunzha River basin varied from 0.5 km² (2015) to 42.8 km² (2016), with additional peaks in 2004 (26.4 km²) and 2025 (29.7 km²). The losses are spatially localized mainly in the mountainous and foothill landscapes of the central part of the basin and in the riverbank zones. The obtained results can serve as a basis for modeling carbon and water balances, as well as for developing adaptive forest management strategies in the region.

**Keywords: Geographic Information Systems, Earth remote sensing, Hansen Global Forest Change, Sunzha River basin, forest cover, Landsat time series, spatial analysis, R programming**

## Введение

Лесные экосистемы много значат в регуляции климата, сохранении биоразнообразия, хранении углерода и обеспечении водных ресурсов [1, 2]. Вклад лесного покрова в смягчение климатических изменений обусловлен двумя ключевыми аспектами углеродного цикла: интенсивной секвестрацией (поглощением) диоксида углерода на уровне 15,6 млрд т ежегодно и одновременным предотвращением высвобождения углерода за счет сдерживания процессов обезлесения, при котором эмиссия от пожаров, рубок и деградации составляет около 8,1 млрд т $CO_2$ в год [3].

Современные проблемы обезлесения включают необходимость повышения точности обнаружения небольших участков обезлесения и улучшения временного разрешения мониторинга [4]. Развитие систем мониторинга в режиме, близком к реальному времени, открывает новые возможности для оперативного реагирования на случаи незаконной вырубки лесов [5]. Традиционные методы мониторинга лесов основывались на наземных наблюдениях и статистических данных, которые часто были неполными и несопоставимыми между странами [4]. Прорыв в этой области произошел с развитием дистанционного зондирования Земли и созданием глобальных наборов данных о лесном покрове [6]. В современной практике анализа динамики типов наземного покрова и лесопокрытых площадей широкое применение находят методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе геоинформационные системы (ГИС) и данные космической съемки [7]. В этом контексте особый интерес представляет глобальный набор данных Hansen Global Forest Change, содержащий сведения о сокращении площади лесов, начиная с 2001 г. по настоящее время. В то же время данные наборы содержатся в сыром, необработанном виде и существует проблема получения этих данных для проведения исследований в границах водосборных бассейнов. Особенно это актуально в случаях, когда анализируются водосборные бассейны средних и больших рек, что требует огромных затрат для обработки этих данных. В то же время сейчас использование платформы облачных вычислений Google Earth Engine и языка программирования R! позволяет выгружать и анализировать огромные массивы геопространственной информации.

Информационные технологии, математические методы и высокопроизводительное программное обеспечение лежат в основе современных географических исследований, особенно в области мониторинга динамики лесного покрова. Особую значимость в решении подобных задач приобретает междисциплинарный подход, органично объединяющий достижения экологии, геоинформатики, математического моделирования, дистанционного зондирования и наук о данных. Комплексная динамика лесных экосистем не может быть адекватно описана исключительно средствами одной научной дисциплины: для выявления трендов, аномалий и причинно-следственных связей необходимо совместное использование спутниковых данных, численных методов обработки временных рядов, статистического анализа и географических знаний о ландшафтной структуре территорий [8].

В отечественных исследованиях часто используются математические методы для решения геоэкологических задач. В своем исследовании Барталев и соавт. [9] доказали, что спутниковое картографирование растительного покрова не имеет альтернативных методов получения пространственно-однородных данных, однако его полноценная автоматизация принципиально недостижима без применения современных вычислительных технологий и математического аппарата обработки многомерных сигналов. В создании алгоритмов классификации, устойчивых к значительной пространственной вариабельности спектрально-отражательных характеристик необходимо применение комплексного использования методов машинного обучения, статистического анализа временных рядов и высокопроизводительных вычислений, что выводит задачу за рамки сугубо географических или экологических подходов и ставит ее в центр междисциплинарных исследований на стыке дистанционного зондирования, прикладной математики и информатики. В работе Лапко с соавт. [10] рассматриваются модификации непараметрического алгоритма распознавания, основанного на критерии максимального правдоподобия с введением дополнительных решающих функций. Синтез алгоритмов выполняется на основе анализа отношений оценок плотностей вероятности распределения случайных величин в классах и их функционалов с использованием пороговых значений, выбираемых в зависимости от условий классификации. Разработанные решения применяются для оценки состояния лесных насаждений по данным дистанционного зондирования, что подтверждает их практическую значимость в задачах обработки многомерной геопространственной информации. Также учеными [11] разрабатывалась информационная система для оценивания состояния природных объектов

(тематического дешифрирования лесных массивов) по данным дистанционного зондирования, ядром которой выступают непараметрические алгоритмы распознавания образов с градациями преимущества, оптимизируемые по коэффициентам размытости ядерных функций. Программный комплекс реализован в среде Delphi и обеспечивает полный цикл обработки. Таким образом разработка программных продуктов и средств автоматических вычислений является чрезвычайно важной задачей для геоэкологического мониторинга.

**Цель исследования** – разработка и исследование комплекса моделей, алгоритмов и программных средств для автоматизированной обработки многолетних данных дистанционного зондирования Земли (на примере глобального набора Hansen Global Forest Change) для выявления пространственно-временных закономерностей динамики лесного покрова в бассейне р. Сунжа за 2001–2025 гг.

## Материал и методы исследования

*Район исследования.* Бассейн р. Сунжа расположен в восточной части Северного Кавказа (рис. 1). Исследуемая территория, являясь главной водной артерией Чеченской Республики и Республики Ингушетия [12], характеризуется значительным ландшафтным разнообразием и контрастностью природных условий, что позволяет проследить пространственную дифференциацию процессов сокращения лесов в широком диапазоне высот – от равнинных участков (27 м) до высокогорных массивов (4464 м). Выбор бассейна р. Сунжа в качестве модельного региона для анализа динамики лесного покрова обусловлен комплексом физико-географических, экологических и антропогенных факторов, определяющих его высокую репрезентативность для изучения процессов деградации лесных экосистем на востоке Северного Кавказа. Бассейн р. Сунжа играет ключевую роль в водоснабжении более 1,5 млн чел. В его пределах расположены крупные населенные пункты: Грозный, Назрань, Гудермес, Магас, Аргун и Урус-Мартан.

Река берет начало из ледников на горном массиве Ушкорт, на Главном Кавказском хребте (Ингушетия), в дальнейшем впадает в Терек. «Водосборный бассейн реки Сунжа, рассчитанный по данным ЦМР SRTM 30m, характеризуется площадью 12130,7 км² и периметром 583,8 км. Бассейн обладает значительным перепадом высот с абсолютными отметками от 27 до 4464 м при средней высоте 1037,3 м, что обусловливает резко расчлененный рельеф с максимальным уклоном поверхности 79,1° и средним уклоном 13°» [12].

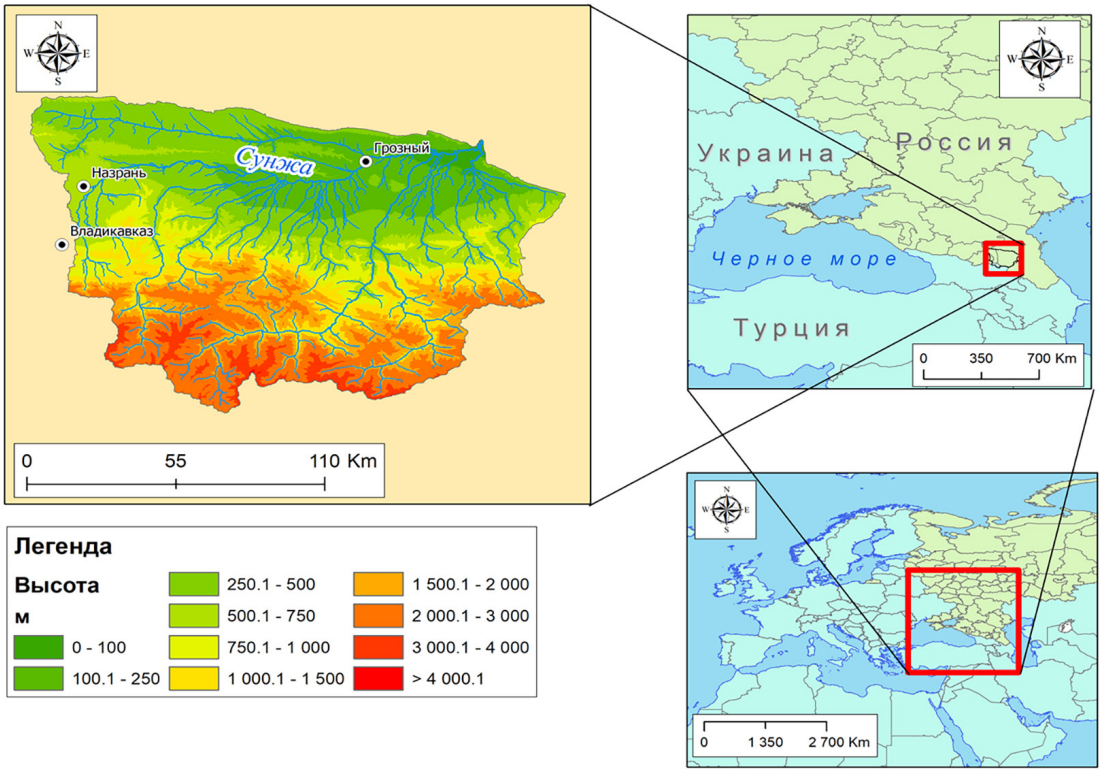



*Рис. 1. Бассейн р. Сунжа*
*Примечание: составлен авторами на основе источника [12]*

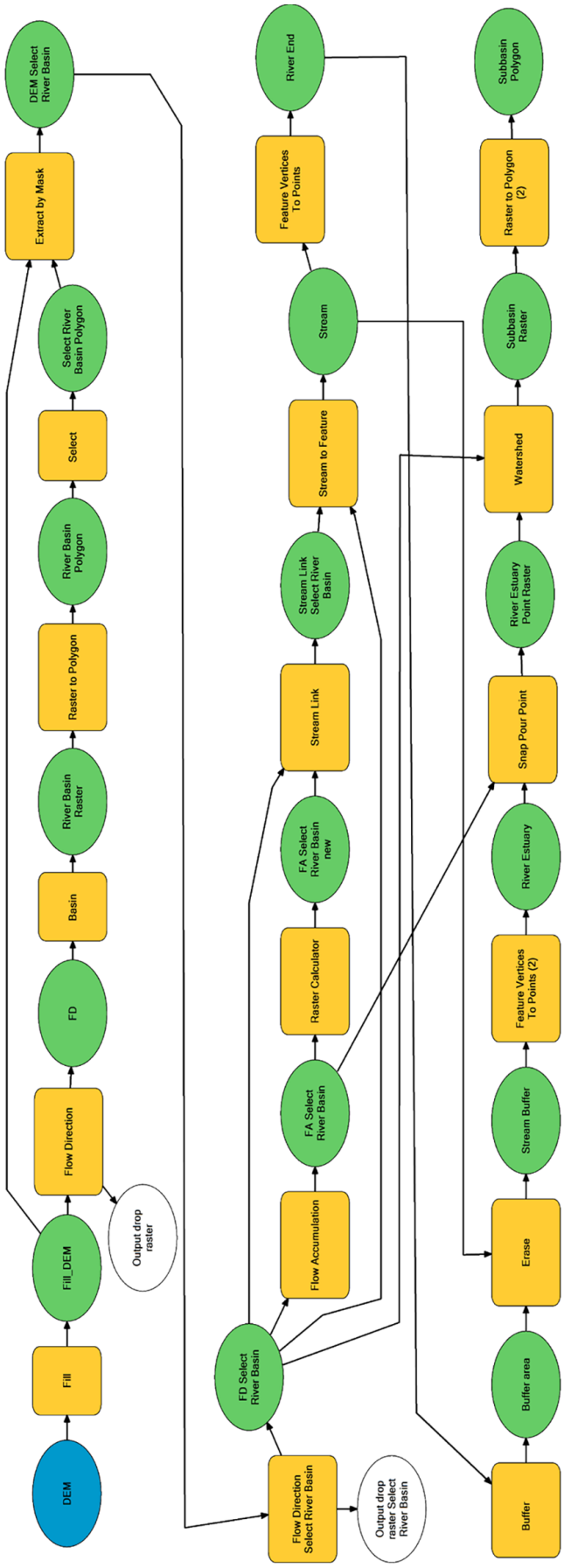



*Рис. 2. Модель выделения бассейна р. Сунжа с использованием ArcGIS ModelBuilder*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Выделение границы водосборного бассейна р. Сунжа произведено с использованием программного комплекса ArcGIS 10.8 с использованием среды ModelBuilder, для автоматического выполнения выделения водосборного бассейна и расчета его характеристик с использованием цифровой модели рельефа SRTM (рис. 2).

В основе настоящего исследования лежит глобальный набор данных Hansen Global Forest Change (версия 1.13, 2001–2025) [13], сформированный по результатам обработки временных серий спутниковых снимков Landsat с пространственным разрешением 30 м. Лесной покров в данной продукции определяется как древесная растительность высотой более 5 м при проективном покрытии не менее 10 % (показатель treecover2000). Потери леса (показатель lossyear) регистрируются в случае полной смены лесного покрова на нелесные категории (вследствие рубок, пожаров или иных нарушений). Первичные данные представлены в виде бинарных масок (0/1) и ежегодных растровых слоев (1–25), агрегированных в медианные композиты для минимизации влияния облачности; валидация результатов выполнена на основе сопоставления с данными Landsat. Исходные материалы были загружены из открытого доступа [13] с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine, с использованием стандартного скрипта Google Earth Engine (приложение А).

Обработка и анализ полученных данных производился с использованием ArcGIS 10.8 и языка программирования R!. Для автоматизированной обработки данных Hansen Global Forest Change и расчета площадей потерь лесного покрова разработан скрипт на языке R. Выбор R в качестве среды реализации обусловлен наличием специализированных пакетов («terra», «sf») для работы с растровыми (данные об обезлесении) и векторными геоданными (границы водосборных бассейнов).

Разработанный скрипт включает следующее:

1. Функция загрузки и предобработки данных:

1.1. импорт растровых слоев Hansen Global Forest Change из локальных источников (GeoTIFF);

1.2. чтение векторной маски бассейна из Shapefile с использованием пакета sf;

1.3. приведение всех слоев к единой проекции и пространственному разрешению.

2. Функция обрезки по маске:

2.1. обрезка каждого растрового слоя по границам векторной маски с использованием пакета terra;

2.2. маскирование пикселей, расположенных за пределами области интереса.

3. Функция расчета ежегодных потерь:

3.1. формирование бинарной маски потерь;

3.2. вычисление площади для каждого пикселя маски с учетом его фактической площади в квадратных метрах;

3.3. суммирование площадей всех пикселей маски в пределах области интереса;

3.4. агрегация результатов в ежегодную таблицу потерь.

4. Функция экспорта результатов (export_results):

4.1. генерация CSV-файла с ежегодными площадями потерь;

4.2. создание растровой карты плотности потерь в формате GeoTIFF;

4.3. формирование сводной статистики.

Разработанный скрипт (приложение Б) позволяет загружать полученные данные об обезлесении и границах водосборных бассейнов и получать на выходе статистические данные о пространственно-временной изменчивости показателя. Это делает скрипт универсальным для анализа обезлесения на территории любых водосборных бассейнов.

Расчеты выполнялись на стационарном компьютере с характеристиками: процессор AMD Ryzen 9 9950X3D OEM; 128 Гб оперативной памяти. Дополнительное сравнение проводилось на Intel Core i5-9300H; 32 Гб оперативной памяти.

Пространственный анализ потерь лесного покрова выполнялся в среде R с использованием пакетов terra и sf. Исходный растр года потери леса (Hansen lossyear) был обрезан и замаскирован по границе бассейна р. Сунжа. На его основе создавался бинарный растр наличия потерь (lossyear > 0), который затем агрегировался методом суммирования с коэффициентом агрегации, обеспечивающим оптимальное число пространственных единиц.

Скрипт выполняет предварительную проверку входных данных: наличие растра и векторного слоя, наличие системы координат, исправимость геометрии бассейна и факт пространственного пересечения слоев. При географической системе координат растр перепроецируется в зону UTM, определяемую по центроиду бассейна; если исходный растр уже задан в метрической проекции, перепроецирование не выполняется. Расчетная область формируется операциями «crop» и «mask»: ячейки вне полигона получают значение NA и исключаются из анализа. При неполном покрытии бассейна растром выдается предупреждение с указанием доли площади, оставшейся вне сцены. Размер ячейки агрегации подбирается

так, чтобы число пространственных единиц было не ниже заданного порога, необходимого для статистических тестов. При пустой маске, отсутствии кодов потерь, нулевой площади бассейна либо невозможности набрать минимальное число наблюдений выполнение прерывается и выдается ошибка в консоль, что требует в дальнейшем исправления ошибок и повторного запуска скрипта.

Пространственная структура потерь оценивалась на регулярной сетке после агрегации исходных пикселей (30 м) в ячейки километрового масштаба. На исходном разрешении 30 м число наблюдений составляет сотни тысяч, а автокорреляция отражает соседство отдельных пикселей, а не очагов утраты полога. Ячейка 1 км соответствует характерному размеру детектируемых нарушений и дает выборку достаточного объема (n = 12 720) при полной восьмисвязной окрестности у большинства единиц. Коэффициент агрегации есть отношение целевого размера ячейки к разрешению растра после перепроецирования в UTM 38N: (1000/30) = 33; фактический размер ячейки составил 990 м. Устойчивость вывода к масштабу проверена на сетках 500 и 2000 м.

Полученный растр плотности потерь использовался для расчета глобального индекса Морана и локального индикатора (LISA) (приложение Б). Глобальный индекс Морана вычислялся функцией terra::autocor() с матрицей пространственных весов queen's case (8 соседей). Статистическая значимость индекса оценивалась методом Монте-Карло: значения растра случайным образом перемешивались 999 раз, для каждой перестановки повторно рассчитывался индекс Морана, после чего вычислялся p-value как доля симуляций, в которых значение индекса было больше или равно наблюдаемому. Локальные индикаторы пространственной ассоциации (LISA) рассчитывались той же функцией autocor() в режиме global = FALSE. Для каждой ячейки определялся тип кластера (HH, LL, HL, LH) на основе сравнения значения ячейки и пространственного лага со средним значением растра. Статистическая значимость локальных значений оценивалась с помощью Monte-Carlo теста (99 перестановок). В основной спецификации использован критерий queen. В контрольной спецификации использован критерий rook. Ячейки вне полигона границы бассейна реки в расчет не входят. Гипотеза пространственной случайности отклонялась при $p < 0{,}05$. Для глобального индекса Морана дополнительно сопоставлялись спецификации queen/rook и разрешения 500, 1000 и 2000 м; локальные кластеры картировались только при $p < 0{,}05$.

Тестирование производительности выполнялось в границах бассейна р. Сунжа. Протокол включал прогревочный прогон, три независимых повтора для каждой конфигурации и согласованное ограничение потоков. Для этапов фиксировалось стенное время; по повторам рассчитывались среднее, стандартное отклонение, диапазон, коэффициент вариации и ускорение относительно однопоточного режима (приложение В).

Корректность расчета годовых площадей потерь проверяли на синтетическом растре, воспроизводящем геометрию Hansen Global Forest Change: регулярная сетка в системе координат EPSG:4326. На таком входе исполняются те же операции, что и на рабочих данных: учет площади ячейки и отсечение по полигону. Растр 2000×2000 ячеек задавали в окне с заданными координатами. Значение ячейки кодировало год потери: коды 1, …, 25 соответствуют 2001–2025 гг. Для каждого года фиксировали число пикселей и размещали их тремя фрагментами в разных широтных поясах, чтобы площадь ячейки менялась вдоль сетки. Полигон-маска был прямоугольным и выровнен по границам ячеек. За его пределами задавали контрольные пиксели потерь; они не включались в расчет.

Сопоставление с другими программными продуктами выполнялось с двумя распространенными средствами расчета зональной статистики растра в ГИС: QGIS / GRASS GIS (Zonal Statistics, r.mask, r.stats) и ArcGIS 10.8 (Extract by Mask, Zonal Statistics as Table). Для всех вариантов использовались идентичные входной растр lossyear и векторная маска бассейна.

## Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительные испытания производительности проведены на двух вычислительных узлах при неизменном алгоритме расчета площадей потерь лесного покрова и едином протоколе измерений (холодный прогон, прогревочный прогон, три повтора, контроль совпадения годовых площадей). Первый узел характеризовался 16 физическими (32 логическими) ядрами и 128 Гб оперативной памяти, второй характеризовался 4 физическими (8 логическими) ядрами и 32 Гб оперативной памяти. Тестировались конфигурации 1–32 и 1–8 потоков соответственно. Полное время обработки при холодном прогреве бассейна площадью 12 130,7 км² по данным Hansen GFC v1.13 составило от 17,8 до 19,9 с на первой системе и от 17,5 до 18,5 с на второй, при этом максимальное ускорение относи-

тельно однопоточного запуска не превысило 6 % (на 4-ядерной машине при 8 потоках), тогда как на 16-ядерной при 32 потоках зафиксирована деградация производительности (ускорение 0,90). Доминирующий этап «Цикл по годам» занимал до 85 % общего времени и практически не ускорялся при росте числа потоков; единственный этап, показавший заметный выигрыш (обрезка и маскирование, в 2,2 раза), имел малый вклад в итоговое время, что свидетельствует о вводно-выводном характере узкого места (чтение растровых данных и работа с памятью) и подтверждает, что разработанный модуль эффективно работает без применения высокопараллельных вычислительных ресурсов. Таким образом, разработанный скрипт подходит для ускоренных вычислений обезлесения на территории бассейнов крупных и средних речных бассейнов. Пиковое потребление памяти оставалось неизменным во всех экспериментах, что исключает ограничения по ОЗУ.

После прогрева среднее полное время выполнения составило 8,39 с на первом узле и 15,80 с на втором (отношение 1,88). Структура затрат оказалась идентичной: на последовательный цикл суммирования по 25 годовым маскам приходилось около 91 % стенного времени (7,67 и 14,39 с). Соотношение времен обрезки с маскированием и расчета площади ячейки между узлами лежало в том же диапазоне (1,75–1,85). Годовые площади потерь совпали во всех прогонах (максимальное расхождение 0 км²); оценка занимаемой памяти для цикла также совпала, что подтверждает тождественность объема данных и схемы расчета. Масштабирование по числу потоков не выявлено. Ускорение полного конвейера относительно однопоточного режима составило 0,98–1,00 на первом узле и 1,00–1,01 на втором; эффективность параллелизации снижалась пропорционально числу потоков. Полученный результат воспроизводится на обеих аппаратных конфигурациях: средства многопоточности terra и OpenMP не сокращают время реализованного конвейера, и для определения площадей потерь достаточно 1–4 потоков.

Время выполнения расчетов в сравнении с другими программными продуктами с использованием QGIS составило 55 с, а ArcGIS – 46 с. При этом в сравнении с разработанным скриптом QGIS и ArcGIS используются десктопные версии, которые предполагают использование большего количества ручных шагов выполнения процесса (запуск, добавление растровых и векторных данных, создание пирамидальных слоев, сохранение таблиц результатов и пр.). Прямое сопоставление исходных кодов с выбранными аналогами невыполнимо по объективным причинам. Использование этих программных продуктов написано на других языках программирования, поэтому сравнение с реализацией на R измеряло бы различия языков и сред исполнения, а не свойства предложенных алгоритмических решений. Исходный код QGIS открыт, однако алгоритмы зональной статистики реализованы на C++ в составе библиотеки анализа и частично делегируются внешним провайдерам обработки (GDAL, GRASS), а также неотделимы от каркаса приложения вследствие чего не могут быть выделены в самостоятельную процедуру, сопоставимую со скриптом. Дополнительно следует учитывать, что чтение и запись растровых данных во всех сравниваемых средствах, включая разработанный скрипт, выполняются одной и той же библиотекой GDAL, поэтому наблюдаемые различия во времени характеризуют организацию вычислительного конвейера, а не реализацию расчета площадей. В связи с изложенным единицей сравнения выбран не исходный код, а решение прикладной задачи целиком: идентичные входные данные, совпадение полученных численных результатов, измеряемое время выполнения и число операций, требующих участия оператора. Таким образом, использование разработанного скрипта существенно упрощает задачу обработки больших объемов данных.

Синтетический тест эффективности показал что расчетные годовые площади совпали с аналитическим эталоном на эллипсоиде WGS84. Сумма за 2001–2025 гг. составила 10,992059 км² при том же значении эталона; относительная разность сумм − $5{,}8\times10^{-9}$ %. Абсолютные разности по всем годам были меньше $10^{-6}$ км². Таким образом, на входе с геометрией Hansen GFC реализация воспроизводит площадь ячейки на WGS84, корректно маскирует растр и агрегирует потери по 25 годам. Тест относится к программной реализации и не заменяет расчет по фактическому контуру бассейна.

Пространственное распределение потерь лесного покрова в бассейне р. Сунжа, выявленных в ходе настоящего исследования, представлено на рис. 3 и в таблице.

Анализ количественных данных об утрате лесного покрова в бассейне р. Сунжа за 2001–2025 гг. свидетельствует о существенной временной неоднородности деградационных процессов, при этом максимальные значения зафиксированы в 2016 г. (42,8 км²) и 2025 г. (29,7 км²), что свидетельствует о наличии внешних факторов повышенной лесопотери.

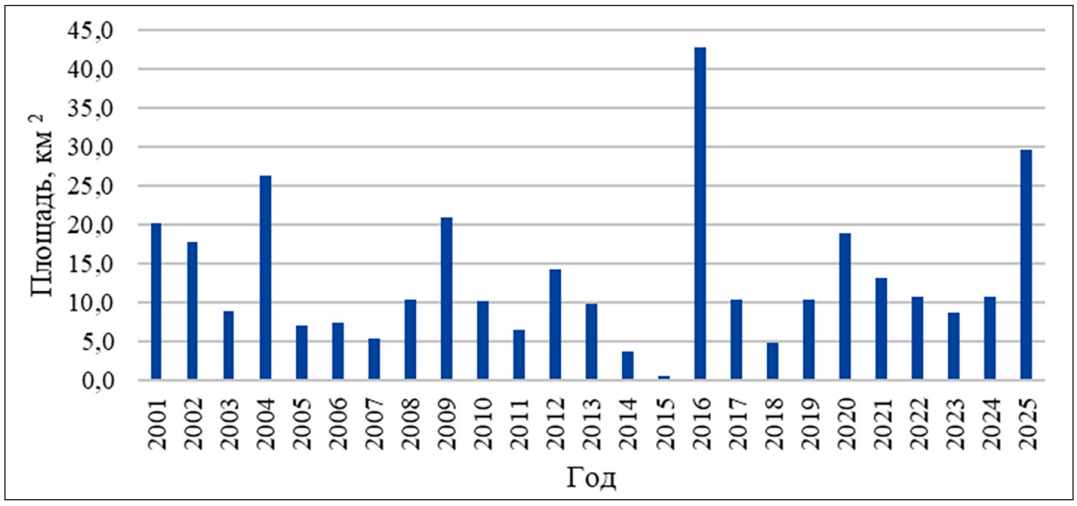



*Рис. 3. Сокращение площади лесов в бассейне р. Сунжа, 2001–2025 гг.*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Точные значения сокращения площади лесов в бассейне р. Сунжа, 2001–2025 гг.

| Год | Сокращение площади лесов в бассейне р. Сунжа, км $^2$ | Год | Сокращение площади лесов в бассейне р. Сунжа, км $^2$ | Год | Сокращение площади лесов в бассейне р. Сунжа, км $^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2001 | 20,2 | 2010 | 10,3 | 2019 | 10,4 |
| 2002 | 17,8 | 2011 | 6,6 | 2020 | 18,9 |
| 2003 | 9,0 | 2012 | 14,3 | 2021 | 13,2 |
| 2004 | 26,4 | 2013 | 9,9 | 2022 | 10,7 |
| 2005 | 7,1 | 2014 | 3,7 | 2023 | 8,8 |
| 2006 | 7,5 | 2015 | 0,5 | 2024 | 10,7 |
| 2007 | 5,4 | 2016 | 42,8 | 2025 | 29,7 |
| 2008 | 10,4 | 2017 | 10,4 | | |
| 2009 | 21,0 | 2018 | 5,0 | | |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Второй по значимости пик сокращения приходится на 2004 г. (26,4 км²). Напротив, минимальные значения утрат лесного покрова, не превышающие 0,5 км² и 3,7 км² соответственно, наблюдаются в 2015 и 2014 гг., что позволяет рассматривать этот двухлетний интервал как период относительной стабилизации лесного фонда, характеризующийся снижением интенсивности антропогенного и техногенного воздействия на лесные экосистемы водосборного бассейна.

По материалам картографического анализа динамики лесного покрова в бассейне р. Сунжа за 2001–2025 гг. (рис. 4) установлено, что процессы сокращения леса носят очаговый характер и локализуются преимущественно в пределах предгорных и горных ландшафтов центральной части бассейна, а также в прирусловых зонах речной сети.

Пространственная приуроченность нарушений обусловлена главным образом антропогенной нагрузкой: если в верховьях бассейна, где расположены крупные особо охраняемые природные территории, естественные ландшафты сохраняются, то в среднем и нижнем течении доминируют сельскохозяйственные угодья и урбанизированные территории. При этом весомый вклад в сокращение лесов оказывают и геоморфологические процессы [14].

Пространственный анализ выполнен в равноугольной проекции WGS 84 / UTM zone 38N (EPSG:32638). Исходный растр приведен к разрешению 30 м методом ближайшего соседа, после чего потери агрегированы в ячейки целевого размера 1000 м. Коэффициент агрегации задан как отношение целевого размера ячейки к разрешению растра: round(1000/30) = 33, фактический размер ячейки составил 990 м. Число пространственных единиц равно 12 720. В ячейке фиксировалось число исходных пикселей потери.

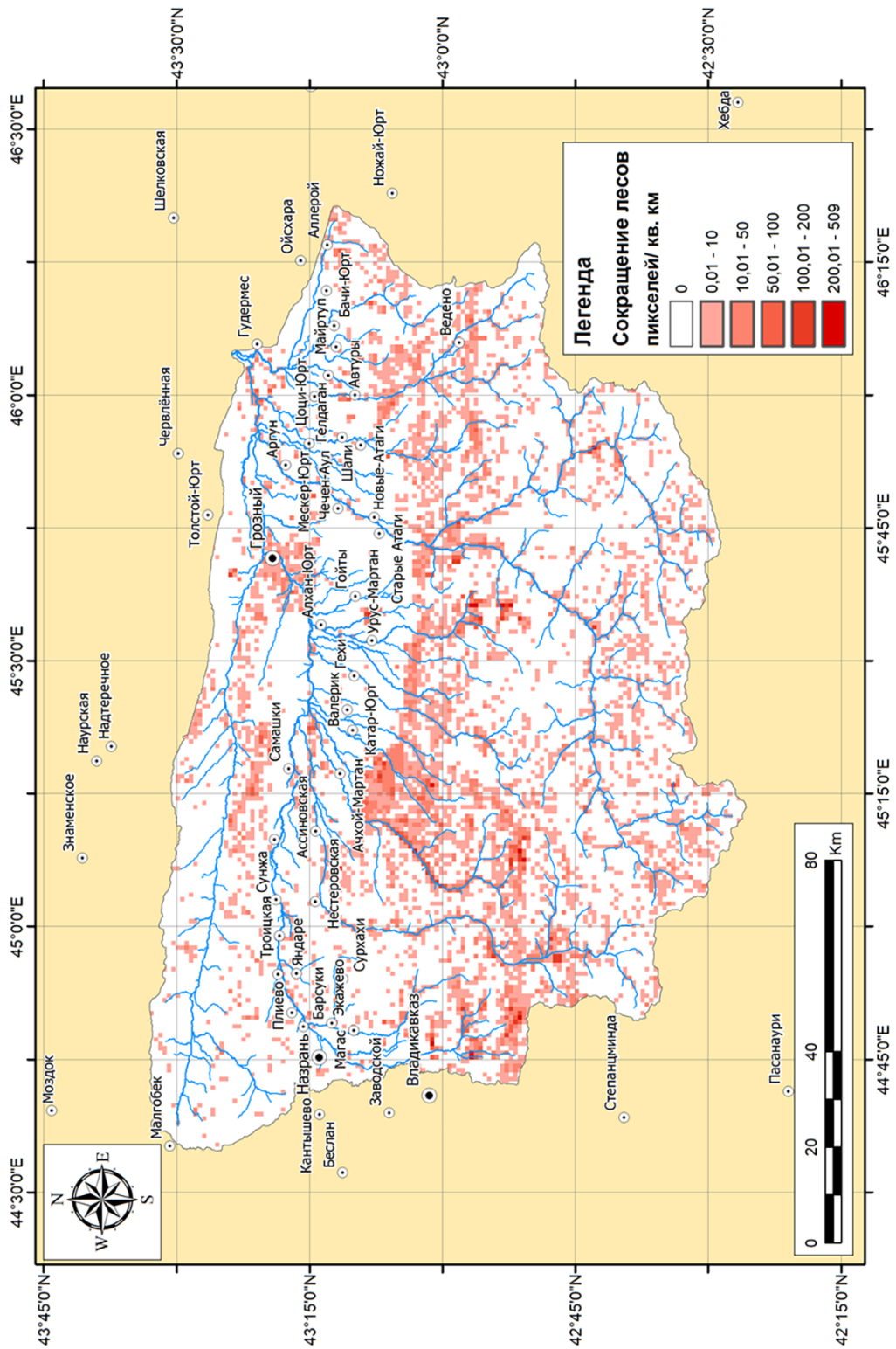



*Рис. 4. Картографический анализ сокращения площади лесов в бассейне р. Сунжа с 2001 по 2025 г. Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Пространственные веса заданы как бинарное соседство первого порядка на регулярной сетке (окно 3×3, критерий queen); для глобального индекса Морана веса стандартизированы по строкам.

Глобальный индекс Морана для агрегированной плотности потерь равен I = 0,39. Результаты Monte-Carlo теста (999 случайных перестановок) показали высокую статистическую значимость наблюдаемой автокорреляции (p = 0,001). Полученное сочетание I > 0 и p < 0,05 позволяет отклонить гипотезу пространственной случайности и указывает на положительную пространственную автокорреляцию, так как ячейки с повышенной потерей лесного покрова статистически чаще соседствуют друг с другом.

Устойчивость глобального вывода проверена двумя способами. Во-первых, расчет повторен только для внутренних ячеек с полным набором из восьми соседей, то есть краевой эффект не определяет результат. Во-вторых, глобальный индекс пересчитан при разрешениях 500, 1000 и 2000 м для соседства queen и rook (199 перестановок). Во всех спецификациях индекс оставался в интервале 0,2–0,4, знак коэффициента был положительным, а вывод о значимости на уровне 0,05 не изменялся. Несколько более высокие значения I при соседстве rook согласуются с тем, что четырехсвязная схема опирается на меньшее число соседей и сильнее подчеркивает локальные контрасты. Таким образом, заключение о кластеризации потерь не зависит от выбора масштаба агрегации в диапазоне 0,5–2 км и от альтернативы queen/rook. Локальный анализ пространственной автокорреляции (LISA) позволил уточнить характер этой кластеризации. Все значимые кластеры относились исключительно к типу HH (High-High) зоны высоких потерь, окруженные соседними зонами также высоких потерь. Таким образом, процесс обезлесения в бассейне р. Сунжа носит ярко выраженный очаговый характер.

Совместно временной и пространственный анализы показывают, что утрата лесного покрова в бассейне р. Сунжа за 2001–2025 гг. была умеренной по суммарной площади, неравномерной по годам и пространственно кластеризованной. Статистически подтверждается наличие горячих точек обезлесения, а не диффузное рассеяние потерь по всей площади водосбора. Полученные оценки характеризуют факт и местоположение детектируемой потери древесного полога и не позволяют непосредственно разделять причины изменений (рубки, пожары, ветровалы, вспышки вредителей) без привлечения дополнительных данных.

В то же время сокращение площади лесов на Кавказе представляет собой сложный и многогранный процесс, обусловленный историческими, социально-экономическими и экологическими факторами. Исторические исследования показывают, что лесной покров Кавказа значительно сократился за последние тысячелетия. В Армении, например, лесной покров уменьшился с примерно 35 % территории в период 4000–1000 гг. до н. э. до 8,1 % в 1950-х гг., 11,2 % в 1980-х гг. и 7–8 % в настоящее время [15]. Это сокращение связано с многовековой историей использования лесных ресурсов, изменениями в землепользовании и демографическими процессами. При этом распад Советского Союза в 1991 г. стал переломным моментом и точкой социокультурного разрыва и, как следствие, изменения землепользования на всех постсоветских территориях [16]. Исследование, основанное на анализе спутниковых снимков Landsat с 1987 по 2015 г., показывает значительные изменения в землепользовании в Кавказских горах [17]. По данным спутникового мониторинга [18], общая площадь лесов на Северном Кавказе в 2000 г. составляла около 28 % территории региона. В переходный период после распада СССР произошло ослабление контроля за лесопользованием, что привело к увеличению нелегальных рубок и деградации лесных массивов. В Западном Кавказе были зафиксированы случаи вырубки лесного полога, особенно в национальном парке Сочи в связи со строительством объектов для Олимпийских игр [18]. Анализ спутниковых снимков показал, что в Грузии после 1990 г. произошла незначительная потеря лесного покрова – примерно 0,8 % [19]. Основной причиной считается нелегальная заготовка древесины для бытовых нужд, а не крупномасштабные сплошные рубки.

Мы хотим отметить, что точность исходных данных Hansen GFC уже валидирована: согласно независимым исследованиям, пользовательская точность продукта составляет 88–98 % в зависимости от региона, а общая точность достигает 99,34 % [20–22]. Отметим, что процедура обрезки по маске и суммирования площадей не модифицирует значения пикселей, а лишь агрегирует их, поэтому ошибка конечного результата не превышает ошибки исходного продукта. Проведение сравнения с другими спутниковыми снимками, наоборот, порождает неопределенности в силу того, что различные спутниковые снимки используют разную ширину каналов спектральной съемки [23]. В то же время пространственное разрешение 30 м не позволяет детектировать поте-

ри площадью менее 0,09 га (один пиксель). Для задач выявления точечных рубок это ограничение может быть критическим; перспективным направлением является интеграция с данными Sentinel-2 (10 м).

## Заключение

Разработан комплексный алгоритм и программный скрипт на языке программирования R! для автоматизированного расчета ежегодных площадей потерь лесного покрова на основе данных Hansen Global Forest Change v1.13, позволяющий учитывать фактическую площадь пикселей и работать с произвольной векторной маской водосборного бассейна.

Экспериментальная оценка производительности на высокопроизводительной рабочей станции (16 ядер, 128 Гб оперативной памяти) показала, что полный цикл обработки при холодном прогоне для бассейна площадью около 12 тыс. км² и разрешением 30 м выполняется за 18 с, а при прогревочном прогоне – около 8 с. Это подтверждает пригодность модуля для оперативного мониторинга и пакетной обработки нескольких бассейнов. На одном и том же наборе Hansen GFC v1.13 и одной маске бассейна скрипт сократил цепочку «обрезка – суммирование – таблица с данными» относительно интерактивной обработки в QGIS/ArcGIS до одного запуска.

Проведенное исследование динамики лесного покрова бассейна р. Сунжа за 2001–2025 гг. на основе данных дистанционного зондирования Земли (Hansen Global Forest Change) позволило установить, что за 25-летний интервал площадь лесов в пределах водосборного бассейна сократилась на 330,8 км², при этом деструкционные процессы носят выраженный очаговый характер и пространственно приурочены преимущественно к предгорным и долинным ландшафтам средней и нижней частей бассейна, где антропогенная нагрузка, связанная с сельскохозяйственным освоением, линейной инфраструктурой и урбанизированными территориями, достигает максимальных значений.

Практическая ценность разработанного подхода заключается в его универсальности (возможность применения к любым водосборным бассейнам), открытости исходного кода и низких вычислительных затратах, что позволяет использовать его в региональных системах экологического мониторинга и при научных исследованиях обезлесения в различных регионах мира.

## Список литературы

1. Curtis P. G., Slay C. M., Harris N. L., Tyukavina A., Hansen M. C. Classifying drivers of global forest loss // Science. 2018. Vol. 361. P. 1108–1111. DOI: 10.1126/science.aau3445.

2. Guria R., Mishra M., Baraj B. Examining the drivers of forest cover change and deforestation susceptibility in Northeast India using multicriteria decision-making models // Environmental Monitoring and Assessment. 2024. Vol. 196. Art. 13172. DOI: 10.1007/s10661-024-13172-2.

3. Newton P., Kinzer A. T., Miller D. C., Oldekop J. A., Agrawal A. The Number and Spatial Distribution of Forest-Proximate People Globally // One Earth. 2020. Vol. 3. Is. 3. P. 363–370. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.08.016.

4. Finer M., Novoa S., Weisse M. J., Petersen R., Mascaro J., Souto T., Stearns F., Martinez R. G. Combating deforestation: From satellite to intervention // Science. 2018. Vol. 360. P. 1303–1305. DOI: 10.1126/science.aat1203.

5. Popkin G. Satellite alerts track deforestation in real time // Nature. 2016. Vol. 530. № 7591. P. 392–393. DOI: 10.1038/530392a.

6. Kim D.-H., Sexton J. O., Noojipady P., Huang C., Anand A., Channan S., Feng M., Townshend J. R. Global, Landsat-based forest-cover change from 1990 to 2000 // Remote Sensing of Environment. 2014. Vol. 155. P. 178–193. DOI: 10.1016/j.rse.2014.08.017.

7. Silva C., Olthoff A. Exploración de tendencias de cambio forestal en reservas de la biosfera, Tabasco, desde el espacio // Kuxulkab'. 2024. Vol. 30. Art. e6391. DOI: 10.19136/kuxulkab.a30n68.6391.

8. Песегов Д. А. Математическое и программное обеспечение географических информационно-аналитических систем регионального уровня (на примере Красноярского края): дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2003. 180 с.

9. Барталев С. А., Егоров В. А., Ершов Д. В., Исаев А. С., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Уваров И. А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 4. С. 285–302.

10. Лапко А. В., Лапко В. А. Непараметрические алгоритмы оценивания состояний природных объектов // Автометрия. 2018. Т. 54. № 5. С. 33–39. DOI: 10.15372/AUT20180504.

11. Лапко А. В., Лапко В. А. Информационная система оценивания состояний природных объектов по данным дистанционного зондирования на основе непараметрических алгоритмов принятия решений // Информатика и системы управления. 2019. № 1 (59). С. 106–117. DOI: 10.22250/isu.2019.59.106-117.

12. Гелагаев А. Ш., Никифорова А. А., Табунщик В. А. Основные морфометрические параметры бассейна р. Сунжа // Грозненский естественно-научный бюллетень. 2026. Т. 11. № 1 (43). С. 9–15. DOI: 10.25744/genb.2026.43.1.002.

13. Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science. 2013. Vol. 342. P. 850–853. DOI: 10.1126/science.1244693.

14. Гакаев Р. А., Гаджиев Н. Г., Исраилов М. З., Эскиев М. М. Пространственный анализ структуры и антропогенной трансформации лесных экосистем горной части Чеченской Республики // Устойчивое развитие горных территорий. 2026. Т. 18. № 2 (68). С. 1077–1090. DOI: 10.21177/1998-4502-2026-18-2-1077-1090. EDN: ONVHMX.

15. Moreno-Sanchez R., Sayadyan H. Y. Evolution of the forest cover in Armenia // International Forestry Review. 2005. Vol. 7. Is. 2. P. 113–127. DOI: 10.1505/ifor.2005.7.2.113.

16. Горбунов Р. В., Табунщик В. А., Вольхин Д. А., Горбунова Т. Ю. Трансформация ландшафтно-экологических и социокультурных процессов в Горном Крыму в постсоветский период // Вопросы географии. 2024. № 158. С. 537–555. DOI: 10.24057/probl.geogr.158.19. EDN: PDTHJQ.

17. Buchner J., Yin H., Frantz D. J., Kuemmerle T., Askerov E., Bakuradze T., Bleyhl B., Elizbarashvili N., Komarova A., Lewińska K., Rizayeva A., Sayadyan H. Y., Tan B., Tepanosyan G., Zazanashvili N., Radeloff V. C. Land-cover change in the Caucasus Mountains since 1987 based on the

topographic correction of multi-temporal Landsat composites // Remote Sensing of Environment. 2020. Vol. 248. Art. 111967. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111967.

18. Bragina E. V., Radeloff V. C., Baumann M., Wendland K., Kuemmerle T., Pidgeon A. M. Effectiveness of protected areas in the Western Caucasus before and after the transition to post-socialism // Biological Conservation. 2015. Vol. 184. P. 456–464. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.02.013.

19. Olofsson P., Torchinava P., Woodcock C. E., Baccini A., Houghton R. A., Ozdogan M., Zhao F., Yang X. Implications of land use change on the national terrestrial carbon budget of Georgia // Carbon Balance and Management. 2010. Vol. 5. Is. 1. Art. 4. DOI: 10.1186/1750-0680-5-4.

20. Galiatsatos N., Donoghue D. N. M., Watt P., Bholanath P., Pickering J., Hansen M. C., Mahmood A. R. J. An Assessment of Global Forest Change Datasets for National Forest Monitoring and Reporting // Remote Sensing. 2020. Vol. 12. Art. 1790. DOI: 10.3390/rs12111790.

21. Linke J., Fortin M.-J., Courtenay S. C., Cormier R. High-resolution global maps of 21st-century annual forest loss: Independent accuracy assessment and application in a temperate forest region of Atlantic Canada // Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 188. P. 164–176. DOI: 10.1016/j.rse.2016.10.040.

22. Shimizu K., Ota T., Mizoue N. Accuracy Assessments of Local and Global Forest Change Data to Estimate Annual Disturbances in Temperate Forests // Remote Sensing. 2020. Vol. 12. Is. 15. Art. 2438. DOI: 10.3390/rs12152438.

23. Gonsamo A., Chen J. M. Spectral Response Function Comparability Among 21 Satellite Sensors for Vegetation Monitoring // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2013. Vol. 51. Is. 3. P. 1319–1335. DOI: 10.1109/tgrs.2012.2198828.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта Российской Федерации в лице Минобрнауки России: грант в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (Соглашение № 075-15-2024-644).

**Financing:** This work was supported by the Russian Federation Ministry of Science and Higher Education (Grant Agreement No. 075-15-2024-644) under the program for large scientific projects in priority areas of scientific and technological development.

**Приложение А**

```
Map.centerObject(Sunzha, 7);
Map.addLayer(roi, {color: 'red'}, 'roi');
Map.addLayer(Sunzha, {color: 'blue'}, 'Sunzha');
var hansen = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2025_v1_13');
var bands = ['treecover2000', 'loss', 'gain', 'lossyear'];
function exportRasters(geometry, name) {
  bands.forEach(function(band) {
    Export.image.toDrive({
      image: hansen.select(band).clip(geometry),
      description: name + '_' + band,
      folder: 'GEE_Hansen/' + name,
      fileNamePrefix: name + '_' + band,
      region: geometry,
      scale: 30,
      crs: 'EPSG:4326',
      maxPixels: 1e13
    });
  });
}
// roi
exportRasters(roi, 'roi');

// Sunzha
exportRasters(Sunzha, 'Sunzha');
```

**Приложение Б**

```
library(terra)
library(sf)

raster_path <- “D:/Sundzha_lossyear.tif”
shape_path <- “D:/01_Sunzha.shp”
output_dir <- “D:/Results”

nsim_global   <- 999
nsim_local    <- 99
nsim_sens    <- 199
target_res_m   <- 1000
sens_res_m    <- c(500, 1000, 2000)
min_cells_target <- 100
max_cells_warn  <- 5000
```

```
w_queen <- matrix(c(1, 1, 1,
        1, 0, 1,
        1, 1, 1), nrow = 3)
w_rook <- matrix(c(0, 1, 0,
        1, 0, 1,
        0, 1, 0), nrow = 3)

if (!file.exists(raster_path)) stop("Raster not found: ", raster_path)
if (!file.exists(shape_path)) stop("Shapefile not found: ", shape_path)
if (!dir.exists(output_dir)) dir.create(output_dir, recursive = TRUE)

utm_epsg_from_sf <- function(x) {
 x4326 <- st_transform(st_union(x), 4326)
 xy <- st_coordinates(st_centroid(x4326))
 if (nrow(xy) == 0 || any(!is.finite(xy[1, c("X", "Y")]))) {
  stop("Cannot determine UTM zone: basin centroid is undefined.")
 }
 zone <- floor((xy[1, "X"] + 180) / 6) + 1
 if (zone < 1 || zone > 60) stop("UTM zone out of range: ", zone)
 hemi <- if (xy[1, "Y"] >= 0) 32600 else 32700
 as.integer(hemi + zone)
}

r <- rast(raster_path)
if (nlyr(r) < 1 || ncell(r) < 1) stop("Raster is empty.")
if (nlyr(r) > 1) r <- r[[1]]
if (is.na(crs(r)) || crs(r) == "") stop("Raster has no coordinate reference system.")

shp <- st_read(shape_path, quiet = TRUE)
if (nrow(shp) == 0) stop("Shapefile contains no features.")
if (is.na(st_crs(shp))) stop("Shapefile has no coordinate reference system.")

if (any(!st_is_valid(shp))) {
 shp <- st_make_valid(shp)
 if (any(!st_is_valid(shp))) stop("Invalid basin geometry could not be repaired.")
}
shp <- shp[!st_is_empty(shp), ]
if (nrow(shp) == 0) stop("All basin geometries are empty.")

geom_type <- unique(as.character(st_geometry_type(shp, by_geometry = TRUE)))
if (!any(geom_type %in % c("POLYGON", "MULTIPOLYGON", "GEOMETRYCOLLECTION"))) {
 stop("Basin must be a polygon layer. Found: ", paste(geom_type, collapse = ", "))
}

crs_r <- st_crs(crs(r))
crs_s <- st_crs(shp)
if (is.na(crs_r$epsg) || is.na(crs_s$epsg) || crs_r$epsg != crs_s$epsg) {
 if (!isTRUE(crs_r$wkt == crs_s$wkt)) {
  warning("Raster and shapefile CRS differ; shapefile is reprojected to the raster CRS.")
 }
}

shp_native <- st_transform(shp, crs(r))
if (any(!st_is_valid(shp_native))) shp_native <- st_make_valid(shp_native)

v_basin <- vect(shp_native)
if (nrow(v_basin) == 0) stop("Basin vector is empty after transformation.")

e_r <- ext(r)
e_s <- ext(v_basin)
if (is.null(intersect(e_r, e_s))) {
 stop("Basin does not intersect the raster extent.")
}
if (!isTRUE(relate(e_s, e_r, relation = "within"))) {
 warning("Basin is only partially covered by the raster. Results apply to the overlapping part only.")
}

area_all <- sum(expanse(v_basin, unit = "m"), na.rm = TRUE)
if (!is.finite(area_all) || area_all <= 0) stop("Basin area is zero or undefined.")

v_overlap <- crop(v_basin, e_r)
if (nrow(v_overlap) == 0) stop("No basin geometry remains after clipping to the raster extent.")
area_overlap <- sum(expanse(v_overlap, unit = "m"), na.rm = TRUE)
if (is.finite(area_all) && area_all > 0 && area_overlap / area_all < 0.99) {
 warning(sprintf(
  "Partial overlap: %.1f % % of the basin area lies outside the raster.",
  100 * (1 - area_overlap / area_all)
 ))
}
```

```
r_crop <- crop(r, v_basin)
if (ncell(r_crop) < 1) stop("Cropped raster is empty.")

if (is.lonlat(r_crop)) {
 epsg <- utm_epsg_from_sf(shp)
 r_crop <- project(r_crop, paste0("EPSG:", epsg), method = "near", res = 30)
 shp <- st_transform(shp, epsg)
 if (any(!st_is_valid(shp))) shp <- st_make_valid(shp)
} else {
 shp <- shp_native
}

r_mask <- mask(r_crop, vect(shp))
n_mask <- as.numeric(global(r_mask, "notNA")[1, 1])
if (!is.finite(n_mask) || n_mask < 1) {
 stop("Empty mask: no valid raster cells inside the basin.")
}
if (n_mask == 1) {
 stop("Only one valid pixel inside the basin; spatial autocorrelation is undefined.")
}

all_vals <- freq(r_mask)
if (is.null(all_vals) || nrow(all_vals) == 0) {
 stop("Empty mask: frequency table contains no values.")
}
loss_vals <- all_vals[all_vals$value > 0 & all_vals$value <= 25, ]
if (nrow(loss_vals) == 0) {
 stop("No forest-loss codes (1-25) found inside the basin.")
}
if (any(all_vals$value < 0 | all_vals$value > 25, na.rm = TRUE)) {
 warning("Raster contains values outside the Hansen lossyear range 0-25.")
}

cell_area_km2 <- cellSize(r_mask, unit = "km")
if (as.numeric(global(cell_area_km2, "min", na.rm = TRUE)[1, 1]) <= 0) {
 stop("Non-positive cell area after projection.")
}

years <- 1:25
r_years <- segregate(r_mask, classes = years, other = NA, keep = FALSE)
loss_by_year <- as.data.frame(global(r_years * cell_area_km2, "sum", na.rm = TRUE))
loss_by_year$year <- 2000 + years
names(loss_by_year)[1] <- "loss_km2"
loss_by_year$loss_km2[is.na(loss_by_year$loss_km2)] <- 0
loss_by_year <- loss_by_year[, c("year", "loss_km2")]
if (sum(loss_by_year$loss_km2) <= 0) stop("Total forest loss is zero.")

write.csv(
 loss_by_year,
 file.path(output_dir, "annual_loss_sunzha_2001_2025_km2.csv"),
 row.names = FALSE
)

loss_all <- ifel(r_mask > 0, 1, 0)
pixel_res_m <- mean(res(r_mask))
working_crs <- crs(r_mask, describe = TRUE)

test_agg <- function(x, af) {
 if (af <= 1) {
  list(r = x, n = as.numeric(global(x, "notNA")[1, 1]), af = 1)
 } else {
  r_test <- aggregate(x, fact = af, fun = "sum", na.rm = TRUE)
  list(r = r_test, n = as.numeric(global(r_test, "notNA")[1, 1]), af = af)
 }
}

agg_factor_from_res <- function(res_m, pixel_m) {
 max(1, as.integer(round(res_m / pixel_m)))
}

moran_mc <- function(x, w, nsim, seed = 123) {
 I_obs <- as.numeric(autocor(x, w = w, method = "moran",
            global = TRUE, standardize = TRUE))
 n <- as.numeric(global(x, "notNA")[1, 1])
```

```
 vals <- values(x)
 vals <- vals[!is.na(vals)]
 set.seed(seed)
 I_sim <- numeric(nsim)
 for (i in seq_len(nsim)) {
  r_perm <- x
  v <- values(r_perm)
  v[!is.na(v)] <- sample(vals)
  values(r_perm) <- v
  I_sim[i] <- as.numeric(autocor(r_perm, w = w, method = "moran",
               global = TRUE, standardize = TRUE))
 }
 p <- (sum(abs(I_sim) >= abs(I_obs), na.rm = TRUE) + 1) / (nsim + 1)
 list(I = I_obs, p = p, n = n, Ei = -1 / (n - 1))
}

agg_factor <- agg_factor_from_res(target_res_m, pixel_res_m)
if (!is.finite(agg_factor) || agg_factor < 1) {
 stop("Aggregation factor is invalid. Check that the raster is in a projected CRS.")
}
result <- test_agg(loss_all, agg_factor)

while (result$n < min_cells_target && result$af > 1) {
 new_af <- max(1, floor(result$af / 2))
 if (new_af == result$af) new_af <- 1
 result <- test_agg(loss_all, new_af)
}

if (!is.finite(result$n) || result$n < min_cells_target) {
 stop(sprintf("Too few valid cells ( %s); need >= %d.", as.character(result$n), min_cells_target))
}
if (result$n < 3) {
 stop("Fewer than 3 spatial units; Moran's I is not defined.")
}

agg_factor  <- result$af
actual_res_m <- round(agg_factor * mean(res(r_mask)))
loss_density <- result$r
names(loss_density) <- "loss_count"
if (as.numeric(global(loss_density, "notNA")[1, 1]) < 3) {
 stop("Aggregated raster has fewer than 3 valid cells.")
}
if (as.numeric(global(loss_density, "sd", na.rm = TRUE)[1, 1]) == 0) {
 stop("Loss values have zero variance; spatial autocorrelation cannot be computed.")
}

if (result$n > max_cells_warn && nsim_local > 0) {
 warning(sprintf("n = %d > %d; local Monte-Carlo may be slow.", result$n, max_cells_warn))
}

writeRaster(
 loss_density,
 file.path(output_dir, paste0("loss_density_", actual_res_m, "m.tif")),
 overwrite = TRUE
)

summary_path <- file.path(output_dir, "summary_statistics_km2.txt")
sink(summary_path, split = TRUE)
on.exit(if (sink.number() > 0) sink(), add = TRUE)

cat("Forest cover loss, Sunzha River basin, 2001-2025\n\n")
cat("Total loss:", round(sum(loss_by_year$loss_km2), 2), "km2\n")
cat("Mean annual loss:", round(mean(loss_by_year$loss_km2), 2), "km2\n")
cat("Median annual loss:", round(median(loss_by_year$loss_km2), 2), "km2\n")
cat("Minimum:", loss_by_year$year[which.min(loss_by_year$loss_km2)],
  "-", round(min(loss_by_year$loss_km2), 2), "km2\n")
cat("Maximum:", loss_by_year$year[which.max(loss_by_year$loss_km2)],
  "-", round(max(loss_by_year$loss_km2), 2), "km2\n")
cat("Coefficient of variation:",
  round(sd(loss_by_year$loss_km2) / mean(loss_by_year$loss_km2) * 100, 1), " %\n")
cat("Working CRS:", working_crs$code, working_crs$name, "\n")
cat("Pixel size after projection:", round(pixel_res_m, 2), "m\n")
cat("Target cell size:", target_res_m, "m\n")
cat("Aggregation factor: round(", target_res_m, "/", round(pixel_res_m, 2),
```

```
  “) = “, agg_factor, “\n”, sep = “”)
cat(“Actual aggregation resolution:”, actual_res_m, “m\n”)
cat(“Number of spatial units:”, result$n, “\n”)
cat(“Weights: binary first-order queen (3x3), row-standardized for global I.\n”)

nb_count <- focal(
 ifel(!is.na(loss_density), 1, NA),
 w = w_queen, fun = “sum”, na.rm = TRUE
)
nb_vals <- values(nb_count)
nb_vals <- nb_vals[!is.na(values(loss_density))]
cat(“Queen neighbors: min =”, min(nb_vals), “, mean =”,
  round(mean(nb_vals), 2), “, max =”, max(nb_vals), “\n”)

mc_main <- moran_mc(loss_density, w_queen, nsim_global, seed = 123)
I_obs <- mc_main$I
p_value <- mc_main$p
n_valid <- mc_main$n
Ei <- mc_main$Ei
if (!is.finite(I_obs)) stop(“Global Moran’s I is not finite.”)
if (n_valid < 3) stop(“Fewer than 3 valid cells for Moran’s I.”)

loss_interior <- ifel(nb_count == 8, loss_density, NA)
n_interior <- as.numeric(global(loss_interior, “notNA”)[1, 1])
if (is.finite(n_interior) && n_interior >= 3 &&
  isTRUE(as.numeric(global(loss_interior, “sd”, na.rm = TRUE)[1, 1]) > 0)) {
 mc_int <- moran_mc(loss_interior, w_queen, nsim_sens, seed = 123)
} else {
 mc_int <- list(I = NA_real_, p = NA_real_, n = n_interior)
}

cat(“\nGlobal Moran’s I:”, round(I_obs, 4), “\n”)
cat(“E(I):”, round(Ei, 4), “\n”)
cat(“Monte-Carlo p-value (“, nsim_global, “ permutations): “,
  sprintf(“ %.4f”, p_value), “\n”, sep = “”)
if (p_value < 0.05 && I_obs > 0) {
 cat(“Significant positive spatial autocorrelation.\n”)
} else if (p_value < 0.05 && I_obs < 0) {
 cat(“Significant negative spatial autocorrelation.\n”)
} else {
 cat(“Spatial autocorrelation is not significant (p >= 0.05).\n”)
}
cat(“Interior cells only (8 queen neighbors): n = “, mc_int$n,
  “, I = “, ifelse(is.finite(mc_int$I), sprintf(“ %.4f”, mc_int$I), “NA”),
  “, p = “, ifelse(is.finite(mc_int$p), sprintf(“ %.4f”, mc_int$p), “NA”),
  “\n”, sep = “”)

local_I <- autocor(loss_density, w = w_queen, method = “moran”, global = FALSE)
names(local_I) <- “local_moran_I”
writeRaster(
 local_I,
 file.path(output_dir, paste0(“lisa_local_I_”, actual_res_m, “m.tif”)),
 overwrite = TRUE
)

mean_z  <- as.numeric(global(loss_density, “mean”, na.rm = TRUE)[1, 1])
lag_z  <- focal(loss_density, w = w_queen, fun = “mean”, na.rm = TRUE)
mean_lag <- as.numeric(global(lag_z, “mean”, na.rm = TRUE)[1, 1])
if (!is.finite(mean_z) || !is.finite(mean_lag)) {
 stop(“Cannot classify LISA quadrants: mean or spatial lag is undefined.”)
}

vals_z  <- values(loss_density)
vals_lag <- values(lag_z)
vals_I  <- values(local_I)

quad <- rep(0L, length(vals_z))
quad[vals_z > mean_z & vals_lag > mean_lag] <- 1L
quad[vals_z < mean_z & vals_lag < mean_lag] <- 2L
quad[vals_z > mean_z & vals_lag < mean_lag] <- 3L
quad[vals_z < mean_z & vals_lag > mean_lag] <- 4L
quad[is.na(vals_z)] <- NA_integer_

run_local_mc <- nsim_local > 0
```

```
if (run_local_mc) {
 valid_idx <- which(!is.na(vals_z))
 I_obs_vec <- vals_I[valid_idx]
 I_sim_mat <- matrix(NA_real_, nrow = length(valid_idx), ncol = nsim_local)
 set.seed(123)
 for (s in seq_len(nsim_local)) {
  r_perm <- loss_density
  v <- values(r_perm)
  v[valid_idx] <- sample(vals_z[valid_idx])
  values(r_perm) <- v
  I_sim_mat[, s] <- values(autocor(
   r_perm, w = w_queen, method = "moran", global = FALSE
  ))[valid_idx]
 }
 p_local <- (rowSums(abs(I_sim_mat) >= abs(I_obs_vec), na.rm = TRUE) + 1) /
  (nsim_local + 1)
 sig_mask <- rep(FALSE, length(vals_z))
 sig_mask[valid_idx] <- p_local < 0.05
 quad[!sig_mask] <- 0L
 quad[is.na(vals_z)] <- NA_integer_

 cat("Significant LISA cells (p < 0.05): ",
   sum(sig_mask, na.rm = TRUE), " / ", length(valid_idx), "\n", sep = "")

 r_pval <- setValues(loss_density, NA)
 values(r_pval)[valid_idx] <- p_local
 names(r_pval) <- "lisa_pvalue"
 writeRaster(
  r_pval,
  file.path(output_dir, paste0("lisa_pvalue_", actual_res_m, "m.tif")),
  overwrite = TRUE
 )
} else {
 cat("Local Monte-Carlo significance was not computed.\n")
}

r_cluster <- setValues(loss_density, quad)
rat <- data.frame(
 id = 0:4,
 cluster = c("NS", "HH", "LL", "HL", "LH"),
 description = c(
  "Not significant",
  "High-High",
  "Low-Low",
  "High-Low",
  "Low-High"
 )
)
levels(r_cluster) <- rat
names(r_cluster) <- "lisa_cluster"
writeRaster(
 r_cluster,
 file.path(output_dir, paste0("lisa_clusters_", actual_res_m, "m.tif")),
 overwrite = TRUE
)

tab <- table(
 factor(quad, levels = 0:4, labels = c("NS", "HH", "LL", "HL", "LH")),
 useNA = "no"
)
cat("\nLISA cluster counts:\n")
print(tab)
write.csv(rat, file.path(output_dir, "lisa_cluster_legend.csv"), row.names = FALSE)

sens_rows <- list()
for (res_m in sens_res_m) {
 af <- agg_factor_from_res(res_m, pixel_res_m)
 agg <- test_agg(loss_all, af)
 if (!is.finite(agg$n) || agg$n < 3) next
 dens <- agg$r
 if (isTRUE(as.numeric(global(dens, "sd", na.rm = TRUE)[1, 1]) == 0)) next
 for (nb in c("queen", "rook")) {
  w <- if (nb == "queen") w_queen else w_rook
  mc <- moran_mc(dens, w, nsim_sens, seed = 123)
```

```
  sens_rows[[length(sens_rows) + 1]] <- data.frame(
   target_res_m = res_m,
   agg_factor = af,
   actual_res_m = round(af * pixel_res_m),
   neighborhood = nb,
   n = mc$n,
   moran_I = mc$I,
   expected_I = mc$Ei,
   p_value = mc$p,
   nsim = nsim_sens,
   stringsAsFactors = FALSE
  )
 }
}
sens_df <- do.call(rbind, sens_rows)
write.csv(sens_df, file.path(output_dir, "sensitivity_moran.csv"), row.names = FALSE)

cat("\nSensitivity of global Moran's I:\n")
print(sens_df, row.names = FALSE)

if (sink.number() > 0) sink()
```

**Приложение В**

```
library(terra)
library(sf)
library(dplyr)

raster_path <- "D:/GIS/Обезлесение/Hanson Forest Change/Sundzha_lossyear.tif"
shape_path <- "D:/Новая папка/00 Шейпы границы бассейнов/01_Sunzha.shp"
output_dir <- "D:/Results_Hansen"
if (!dir.exists(output_dir)) dir.create(output_dir, recursive = TRUE)

max_cores    <- 32L
available_cores <- min(parallel::detectCores(logical = TRUE), max_cores)
physical_cores <- tryCatch(parallel::detectCores(logical = FALSE),
           error = function(e) NA_integer_)
mem_total_gb  <- 128
n_reps     <- 3L
warmup     <- TRUE
loss_tol_km2  <- 1e-6
years_code   <- 1:25
years_ad    <- 2001:2025
agg_factor   <- 33L
threads_list  <- unique(c(1L, 2L, 4L, 8L, 16L,
           as.integer(min(32L, available_cores))))

env_backup <- Sys.getenv(c("GDAL_NUM_THREADS", "OMP_NUM_THREADS",
           "OMP_WAIT_POLICY"), unset = NA_character_)
terra_opt_backup <- tryCatch(terraOptions(print = FALSE), error = function(e) NULL)
` %||%` <- function(a, b) if (is.null(a)) b else a

set_threads <- function(n) {
 n <- as.integer(n)
 terraOptions(parallel = TRUE, threads = n, progress = 0)
 Sys.setenv(GDAL_NUM_THREADS = n, OMP_NUM_THREADS = n,
      OMP_WAIT_POLICY = "PASSIVE")
 invisible(n)
}

reset_threads <- function() {
 for (nm in names(env_backup)) {
  v <- unname(env_backup[nm])
  if (is.na(v) || !nzchar(v)) Sys.unsetenv(nm)
  else do.call(Sys.setenv, stats::setNames(list(v), nm))
 }
 if (!is.null(terra_opt_backup)) {
  try(terraOptions(parallel = isTRUE(terra_opt_backup$parallel),
          threads = terra_opt_backup$threads %|| % 16,
          progress = terra_opt_backup$progress %|| % 3),
    silent = TRUE)
 }
}
```

```
time_mem <- function(expr) {
 expr <- substitute(expr); env <- parent.frame()
 gc(full = TRUE)
 mem0 <- gc()[, “used”]
 t0 <- Sys.time()
 out <- eval(expr, env)
 dt <- as.numeric(difftime(Sys.time(), t0, units = “secs”))
 mem1 <- sum(gc()[, “used”] - mem0, na.rm = TRUE)
 list(result = out, time_sec = dt, mem_mb = max(0, mem1))
}

run_once <- function(threads) {
 set_threads(threads)
 load <- time_mem(terra::rast(raster_path))
 r <- load$result
 shp <- time_mem({
  s <- sf::st_read(shape_path, quiet = TRUE)
  sf::st_transform(s, crs = terra::crs(r))
 })
 cropm <- time_mem({
  terra::mask(terra::crop(r, shp$result), shp$result)
 })
 r_mask <- cropm$result
 if (!inherits(r_mask, “SpatRaster”) || terra::ncell(r_mask) == 0)
  stop(“Empty raster after crop/mask.”)
 area <- time_mem(terra::cellSize(r_mask, unit = “km”))
 cell_km2 <- area$result
 loss <- time_mem({
  df <- data.frame(year = years_ad, loss_km2 = NA_real_)
  for (i in seq_along(years_code)) {
   m <- r_mask == years_code[i]
   df$loss_km2[i] <- terra::global(m * cell_km2, “sum”, na.rm = TRUE)[1, 1]
  }
  df
 })
 dens <- time_mem({
  terra::aggregate(r_mask > 0, fact = agg_factor, fun = “sum”, na.rm = TRUE)
 })
 rm(r, r_mask, cell_km2); gc(full = TRUE)
 stages <- c(«Загрузка растра», «Загрузка шейпа», «Обрезка+маскирование»,
      «Расчет площади», «Цикл по годам», «Агрегация плотности»)
 tm <- list(load, shp, cropm, area, loss, dens)
 perf <- data.frame(
  stage  = stages,
  time_sec = vapply(tm, `[[`, 0, “time_sec”),
  mem_mb  = vapply(tm, `[[`, 0, “mem_mb”),
  threads = threads,
  stringsAsFactors = FALSE
 )
 list(perf = perf, loss = loss$result, density = dens$result)
}

if (warmup) invisible(run_once(max(threads_list)))

raw <- list(); losses <- list(); k <- 0L; density_last <- NULL
for (th in threads_list) {
 for (rep in seq_len(n_reps)) {
  res <- run_once(th)
  k <- k + 1L
  raw[[k]] <- transform(res$perf, rep = as.integer(rep),
           timestamp = format(Sys.time(), “ %Y- %m- %d %H: %M: %S”))
  losses[[k]] <- res$loss
  density_last <- res$density
 }
}

perf_raw <- do.call(rbind, raw)
tot <- perf_raw %> %
 group_by(threads, rep, timestamp) %> %
 summarise(time_sec = sum(time_sec), mem_mb = sum(mem_mb), .groups = “drop”) %> %
 mutate(stage = “Все этапы”) %> %
 select(stage, time_sec, mem_mb, threads, rep, timestamp)
```

```
perf_raw <- bind_rows(perf_raw, tot)

summ <- perf_raw %> %
 group_by(stage, threads) %> %
 summarise(
  n_reps = n(),
  time_mean_sec = mean(time_sec), time_sd_sec = sd(time_sec),
  time_min_sec = min(time_sec), time_max_sec = max(time_sec),
  time_cv_pct = 100 * sd(time_sec) / mean(time_sec),
  mem_mean_mb = mean(mem_mb),
  .groups = "drop"
 ) %> %
 group_by(stage) %> %
 mutate(
  speedup_mean = time_mean_sec[threads == 1][1] / time_mean_sec,
  efficiency_pct = 100 * speedup_mean / threads
 ) %> %
 ungroup()

ref_loss <- losses[[length(losses)]]
dmax <- max(vapply(losses, function(x)
 max(abs(x$loss_km2 - ref_loss$loss_km2), na.rm = TRUE), 0))

write.csv(perf_raw, file.path(output_dir, "performance_measurements_raw.csv"),
     row.names = FALSE, fileEncoding = "UTF-8")
write.csv(summ, file.path(output_dir, "performance_summary_table.csv"),
     row.names = FALSE, fileEncoding = "UTF-8")
write.csv(ref_loss, file.path(output_dir, "annual_loss_sunzha_2001_2025_km2.csv"),
     row.names = FALSE, fileEncoding = "UTF-8")

sink(file.path(output_dir, "performance_log.txt"))
cat("Hansen GFC, Sunzha | cores", available_cores, "/", physical_cores,
  "| RAM", mem_total_gb, "GB | reps", n_reps, "| warmup", warmup, "\n")
cat("threads:", paste(threads_list, collapse = ", "), "\n")
cat("max |d| loss_km2:", format(dmax, scientific = TRUE),
  if (dmax > loss_tol_km2) "OUT OF TOLERANCE\n" else "OK\n")
cat("\n")
for (st in c(unique(perf_raw$stage[perf_raw$stage != «Все этапы»]), «Все этапы»)) {
 cat("[", st, "]\n", sep = "")
 print(as.data.frame(summ[summ$stage == st,
            c("threads", "n_reps", "time_mean_sec", "time_sd_sec",
             "time_min_sec", "time_max_sec", "time_cv_pct",
             "speedup_mean", "efficiency_pct")]),
    row.names = FALSE, digits = 4)
 cat("\n")
}
sink()

set_threads(max(threads_list))
if (is.null(density_last)) {
 last <- run_once(max(threads_list))
 density_last <- last$density
 if (is.null(ref_loss)) ref_loss <- last$loss
}
terra::writeRaster(density_last, file.path(output_dir, "loss_density_1km.tif"),
         overwrite = TRUE)

sink(file.path(output_dir, "summary_statistics_km2.txt"))
cat("Forest-cover loss, Sunzha basin, 2001-2025 (km^2)\n")
cat("total: ", sum(ref_loss$loss_km2), "\n", sep = "")
cat("mean: ", round(mean(ref_loss$loss_km2), 2), "\n", sep = "")
cat("median:", round(median(ref_loss$loss_km2), 2), "\n", sep = "")
cat("min:  ", ref_loss$year[which.min(ref_loss$loss_km2)], " ",
  round(min(ref_loss$loss_km2), 2), "\n", sep = "")
cat("max:  ", ref_loss$year[which.max(ref_loss$loss_km2)], " ",
  round(max(ref_loss$loss_km2), 2), "\n", sep = "")
cat("CV %: ", round(sd(ref_loss$loss_km2) / mean(ref_loss$loss_km2) * 100, 1),
  "\n", sep = "")
sink()

reset_threads()
```

**Приложение Г**

```
#!/usr/bin/env Rscript
suppressPackageStartupMessages(library(terra))
terraOptions(progress = 0)

OUT_DIR <- “synthetic_test”
dir.create(OUT_DIR, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
YEARS <- 2001:2025
NY <- length(YEARS)
N <- 2000L
RES <- 0.00025
XMIN <- 45.00
YMAX <- 43.50
MASK_R1 <- 50L; MASK_R2 <- N - 50L
MASK_C1 <- 50L; MASK_C2 <- N - 50L

A_WGS <- 6378137.0
F_WGS <- 1 / 298.257223563
E2 <- 2 * F_WGS - F_WGS^2
EW <- sqrt(E2)
F_lat <- function(phi_deg) {
 s <- sin(phi_deg * pi / 180)
 A_WGS^2 * (1 - E2) * (s / (2 * (1 - E2 * s^2)) +
          log((1 + EW * s) / (1 - EW * s)) / (4 * EW))
}
row_cell_area_m2 <- function(row) {
 phi_top <- YMAX - (row - 1L) * RES
 phi_bot <- phi_top - RES
 (RES * pi / 180) * (F_lat(phi_top) - F_lat(phi_bot))
}
rect_from_cells <- function(r, r1, r2, c1, c2) {
 e <- ext(r); rs <- res(r)
 x1 <- xmin(e) + (c1 - 1) * rs[1]; x2 <- xmin(e) + c2 * rs[1]
 y2 <- ymax(e) - (r1 - 1) * rs[2]; y1 <- ymax(e) - r2 * rs[2]
 vect(cbind(c(x1, x2, x2, x1, x1), c(y1, y1, y2, y2, y1)),
   type = “polygons”, crs = crs(r))
}
fmt <- function(x, d = 6) formatC(x, format = “f”, digits = d)

make_test <- function() {
 message(“Генерация растра “, N, “ x “, N, “ в EPSG:4326, шаг “, RES, “°...”)
 r <- rast(nrows = N, ncols = N,
     xmin = XMIN, xmax = XMIN + N * RES,
     ymin = YMAX - N * RES, ymax = YMAX,
     crs = “EPSG:4326”, vals = 0L)
 counts <- 60L * seq_len(NY)
 band_row0 <- c(150L, 900L, 1600L)
 band_col0 <- c(200L, 650L, 1150L)
 area_km2 <- numeric(NY)
 frag_log <- list()
 for (y in seq_len(NY)) {
  n <- counts[y]
  n1 <- n %/ % 3L; n2 <- n %/ % 3L; n3 <- n - n1 - n2
  ns <- c(n1, n2, n3)
  rows_y <- band_row0 + 2L * y
  tot <- 0
  for (k in 1:3) {
   if (ns[k] == 0L) next
   cc <- band_col0[k]:(band_col0[k] + ns[k] - 1L)
   stopifnot(max(cc) <= MASK_C2, min(cc) >= MASK_C1,
       rows_y[k] >= MASK_R1, rows_y[k] <= MASK_R2)
   r[cellFromRowCol(r, rep(rows_y[k], length(cc)), cc)] <- y
   tot <- tot + ns[k] * row_cell_area_m2(rows_y[k])
  }
  area_km2[y] <- tot / 1e6
  frag_log[[y]] <- data.frame(year = YEARS[y], row = rows_y, n = ns)
 }
 leak <- data.frame(year = YEARS, area_km2 = 0)
 add_leak <- function(code, row, cols) {
  r[cellFromRowCol(r, rep(row, length(cols)), cols)] <<- code
  leak$area_km2[code] <<- leak$area_km2[code] +
   length(cols) * row_cell_area_m2(row) / 1e6
 }
```

```
 add_leak(16L, 10L, 10:509)
 add_leak(1L, 1000L, 1:40)
 add_leak(25L, N - 10L, 100:399)
 add_leak(7L, 1200L, (N - 39L):N)
 p <- rect_from_cells(r, MASK_R1, MASK_R2, MASK_C1, MASK_C2)
 f_tif <- file.path(OUT_DIR, "B_lossyear_geo.tif")
 f_shp <- file.path(OUT_DIR, "B_basin_geo.shp")
 writeRaster(r, f_tif, datatype = "INT1U", overwrite = TRUE)
 writeVector(p, f_shp, overwrite = TRUE)
 expected <- data.frame(year = YEARS, n_pixels = counts, area_km2 = area_km2)
 write.csv(expected, file.path(OUT_DIR, "B_expected.csv"), row.names = FALSE)
 write.csv(do.call(rbind, frag_log), file.path(OUT_DIR, "B_fragments.csv"),
     row.names = FALSE)
 write.csv(leak, file.path(OUT_DIR, "B_leak_signature.csv"), row.names = FALSE)
 message("  пикселей внутри маски: ", sum(counts),
     ", эталонная сумма: ", fmt(sum(area_km2), 6), " км²")
 message(«  пикселей за границей маски: «,
     500 + 40 + 300 + 40, « (подлежат исключению)»)
 message(«  средняя площадь ячейки по аналитике: «,
     fmt(row_cell_area_m2(1000L), 3), " м² на широте ",
     fmt(YMAX - 999 * RES, 4), "°")
 list(tif = f_tif, shp = f_shp, expected = expected, leak = leak)
}

MODE <- "reference"
call_your_pipeline <- function(rast_path, mask_path) {
 stop(«Задайте вызов вашей функции в call_your_pipeline()»)
}
CSV_PATH <- file.path(OUT_DIR, "result_B.csv")
CSV_YEAR_COL <- "year"
CSV_AREA_COL <- "area_km2"
CSV_UNITS <- "km2"
read_pipeline_csv <- function(path) {
 if (!file.exists(path)) stop("Файл не найден: ", path)
 df <- read.csv(path, stringsAsFactors = FALSE, check.names = FALSE)
 if (!CSV_YEAR_COL %in % names(df) || !CSV_AREA_COL %in % names(df))
  stop("Нет столбцов '", CSV_YEAR_COL, "' / '", CSV_AREA_COL,
     "'. Найдены: ", paste(names(df), collapse = ", "))
 k <- switch(CSV_UNITS, km2 = 1, ha = 0.01, m2 = 1e-6, stop("CSV_UNITS"))
 yr <- as.numeric(df[[CSV_YEAR_COL]])
 if (all(yr %in % 1:25, na.rm = TRUE)) yr <- 2000 + yr
 data.frame(year = yr, area_km2 = as.numeric(df[[CSV_AREA_COL]]) * k)
}
reference_pipeline <- function(rast_path, mask_path) {
 r <- rast(rast_path); v <- vect(mask_path)
 if (crs(v) != crs(r)) v <- project(v, crs(r))
 r <- mask(crop(r, v), v)
 names(r) <- "lossyear"
 a <- cellSize(r, unit = "m"); names(a) <- "area_m2"
 z <- zonal(a, r, fun = "sum", na.rm = TRUE); names(z) <- c("code", "area_m2")
 out <- data.frame(year = YEARS, area_km2 = 0)
 for (y in seq_len(NY)) {
  hit <- z$area_m2[z$code == y]
  if (length(hit) == 1) out$area_km2[y] <- hit / 1e6
 }
 out
}
run_pipeline <- function(rast_path, mask_path) {
 switch(MODE,
     reference = reference_pipeline(rast_path, mask_path),
     "function" = call_your_pipeline(rast_path, mask_path),
     csv = read_pipeline_csv(CSV_PATH),
     stop("MODE: 'reference', 'function' или 'csv'"))
}

compare <- function(expected, actual, leak, tol_rel_pc = 1e-6) {
 cat("\n", strrep("=", 76), "\n", sep = "")
 cat(«ТЕСТ B. Площади потерь в EPSG:4326, эталон – эллипсоид WGS84\n»)
 cat(strrep("=", 76), "\n", sep = "")
 m <- merge(expected, actual, by = "year", suffixes = c("_exp", "_act"))
 if (nrow(m) != nrow(expected))
  cat(«ВНИМАНИЕ: сопоставлено «, nrow(m), « лет из «, nrow(expected), «\n», sep = «»)
 m$diff_km2 <- m$area_km2_act - m$area_km2_exp
 m$rel_diff_pc <- 100 * m$diff_km2 / m$area_km2_exp
```

```
 print(data.frame(
  Год = m$year,
  Пикселей = m$n_pixels,
  Эталон = fmt(m$area_km2_exp),
  Скрипт = fmt(m$area_km2_act),
  Разность = fmt(m$diff_km2),
  Отн_проц = formatC(m$rel_diff_pc, format = „e“, digits = 2),
  check.names = FALSE
), row.names = FALSE)
s_exp <- sum(m$area_km2_exp); s_act <- sum(m$area_km2_act)
max_abs <- max(abs(m$diff_km2)); max_rel <- max(abs(m$rel_diff_pc))
cat(“\nСумма эталон: “, fmt(s_exp), “ км²\n”, sep = “”)
cat(“Сумма скрипт: “, fmt(s_act), “ км²\n”, sep = “”)
cat(“Разность:   “, fmt(s_act - s_exp), “ км² (“,
  formatC(100 * (s_act - s_exp) / s_exp, format = “e”, digits = 2), “ %)\n”, sep = “”)
cat(“Макс. абс. разность: “, fmt(max_abs), “ км²\n”, sep = “”)
cat(“Макс. отн. разность: “, formatC(max_rel, format = “e”, digits = 2), “ %\n”, sep = “”)
ok <- max_rel <= tol_rel_pc
cat(«\nРЕЗУЛЬТАТ: «, if (ok) «ПРОЙДЕН» else «НЕ ПРОЙДЕН»,
  “ (допуск “, formatC(tol_rel_pc, format = “e”, digits = 1), “ %)\n”, sep = “”)
lk <- merge(m[, c(“year”, “diff_km2”)], leak, by = “year”)
lk <- lk[lk$area_km2 > 0, ]
hit <- abs(lk$diff_km2 - lk$area_km2) < 0.05 * lk$area_km2
cat(«\nПроверка маскирования: за границей полигона размещены пиксели\n»)
cat(“потерь с кодами “, paste(lk$year, collapse = “, “), “.\n”, sep = “”)
if (any(hit)) {
 cat(«ПРОТЕЧКА МАСКИ: отклонения по годам «,
   paste(lk$year[hit], collapse = “, “),
   « совпали с ожидаемым вкладом внешних пикселей.\n», sep = «»)
} else {
 cat(«Протечки не обнаружено: посторонние пиксели в расчет не вошли.\n»)
}
if (!ok) {
 cat(«\nДиагностика:\n»)
 if (all(m$diff_km2 > 0) || all(m$diff_km2 < 0)) {
  cat(« Отклонение одностороннее, в среднем «,
    formatC(mean(abs(m$rel_diff_pc)), format = “e”, digits = 2),
    “ %, разброс “,
    formatC(diff(range(m$rel_diff_pc)), format = “e”, digits = 2), “ %.\n”, sep = “”)
  cat(« Это подпись не арифметической ошибки, а конвенции расчета\n»)
  cat(« площади: суммирование в плоскости равноугольной проекции (UTM)\n»)
  cat(« вместо истинной площади на эллипсоиде. Величина смещения около\n»)
  cat(« 0.07–0.08 %, знак отрицательный. Устраняется расчетом площади\n»)
  cat(« через terra::cellSize() на исходном растре в EPSG:4326 либо\n»)
  cat(« переходом на равновеликую проекцию.\n»)
 } else {
  cat(« Отклонение разнознаковое: вероятна ошибка в учете площади\n»)
  cat(« ячейки либо потеря пикселей при перепроецировании.\n»)
 }
}
write.csv(m, file.path(OUT_DIR, “B_comparison.csv”), row.names = FALSE)
con <- file(file.path(OUT_DIR, “B_table.md”), open = “w”, encoding = “UTF-8”)
writeLines(c(
 “| Год | Задано пикселей | Аналитическая площадь, км² | Расчет скрипта, км² | Δ, км² |”,
 “|---|---|---|---|---|”,
 sprintf(“| %d | %d | %s | %s | %s |”, m$year, m$n_pixels,
    fmt(m$area_km2_exp, 4), fmt(m$area_km2_act, 4), fmt(m$diff_km2, 4)),
 sprintf(“| **Сумма** | ** %d** | ** %s** | ** %s** | ** %s** |”,
    sum(m$n_pixels), fmt(s_exp, 4), fmt(s_act, 4), fmt(s_act - s_exp, 4))
), con)
close(con)
invisible(list(table = m, ok = ok, max_abs = max_abs, max_rel = max_rel))
}

cat(strrep(«=», 76), «\n»)
cat(«ВЕРИФИКАЦИЯ НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ. Тест B. Режим: “, MODE, “\n”, sep = “”)
if (MODE == “reference”)
 cat(«ВНИМАНИЕ: демонстрационный режим. Проверяется стенд, а не ваш код.\n»)
cat(strrep(“=”, 76), “\n\n”)
TB <- make_test()
cat(“\nЗапуск конвейера...\n”)
res <- run_pipeline(TB$tif, TB$shp)
chk <- compare(TB$expected, res, TB$leak)
cat(“\nФайлы для статьи: “, OUT_DIR, “/B_comparison.csv и B_table.md\n”, sep = “”)
```

УДК 519.6
DOI

CC BY 4.0

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ СТРУКТУР В СЕПАРАТОРАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА

**Савин Е. С. ORCID ID 0000-0002-7915-121X,**
**Хоперсков А. В. ORCID ID 0000-0003-0149-7947**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет», Волгоград, Российская Федерация, e-mail: e.s.savin@volsu.ru*

Повышение эффективности очистки газа в аппаратах циклонного типа сдерживается отсутствием достоверных данных о механизмах локальной пространственной трансформации многофазных потоков. В данной работе проведено трехмерное численное моделирование динамики двухфазной среды и исследованы физические закономерности формирования верхнего пылевого кольца (ВПК) под крышкой центробежных сепараторов различной конструкции. Подробно изучены три конструкции аппаратов лабораторного типа с небольшими диаметрами основной области очистки газа. Установлено, что доминирующим физическим механизмом образования верхнего кольца выступает течение в пограничном слое Бёдевадта, частью которого является вертикальный восходящий поток газа в зоне предторцевого угла. Обоснован дисперсный спектр верхнего пылевого кольца, ограниченный в численных экспериментах минимальным $d_{min}^{(ring)} \simeq$ 5–10 мкм и максимальным $d_{max}^{(ring)} \simeq$ 40–80 мкм значениями диаметров твердых частиц. Выявлено формирование дополнительного долгоживущего устойчивого пылевого кольца в зоне сопряжения цилиндрической и конической частей корпуса с порогом удержания от 20 до 100 мкм в трех рассмотренных конструкциях. Нисходящие спиралевидные пылевые жгуты в рабочей камере сепаратора по своему фракционному составу близки к частицам в верхнем пылевом кольце.

**Ключевые слова: сепарация, вычислительная гидродинамика, двухфазная среда, турбулентность, твердые частицы, пылевые структуры**

# SIMULATION OF DUST STRUCTURES IN CENTRIFUGAL SEPARATORS

**Savin E. S. ORCID ID 0000-0002-7915-121X,**
**Khoperskov A. V. ORCID ID 0000-0003-0149-7947**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University", Volgograd, Russian Federation, e-mail: e.s.savin@volsu.ru*

Improving the efficiency of gas purification in cyclone-type devices is hampered by the lack of reliable data on the mechanisms of local spatial transformation of multiphase flows. In this study, we conducted a three-dimensional numerical simulation of the dynamics of a two-phase medium and investigated the physical mechanisms underlying the formation of a top dust ring (TDR) under the lid of centrifugal separators of various designs. Three small-diameter laboratory-scale devices were studied in detail. It was established that the dominant physical mechanism for formation of top dust ring is the flow within the Bödewadt boundary layer, which includes an upward vertical gas flow in the region of the corner adjacent to the end face. The particle-size distribution of the top dust ring, limited in numerical experiments by the minimum $d_{min}^{TDR} \simeq$ 5–10 μm and maximum $d_{max}^{TDR} \simeq$ 40–80 μm particle diameters, is substantiated. The formation of an additional stable dust ring was identified in the junction zone between the cylindrical and conical sections of the housing, with a retention threshold of 20 to 100 μm, across the three designs examined. Descending spiral dust ropes in the working chamber of the separator are similar in their particle-size distribution to particles in the top dust ring.

**Keywords: separation, computational fluid dynamics, two-phase medium, turbulence, solid particles, dust structures**

## Введение

Проблема сепарации газа и твердых частиц является важной для индустрии в самых различных отраслях, включая производство цемента (на этапах помола сырья, обжига в клинкерных печах и окончательного помола цемента), угольную промышленность, энергетику (угольные ТЭС), сельское хозяйство, стройиндустрию, металлургию и т. д. [1-3]. В ряде случаев эта задача связана не с экологической защитой воздуха, а является частью самого технологического процесса. Например, улавливание катализаторов выступает критически важным этапом химических и нефтехимических производств [4-6].

Имеется большое разнообразие физических принципов и конструкций аппаратов сепарации газа и твердой фракции [7; 8]. Инерционные силы лежат в основе механических сепараторов, к которым относятся пылеосадительные камеры, классические циклоны и аппараты на встречных закрученных потоках, жалюзийные сепараторы и различные модификации и гибридные системы [9; 10]. Оптимизация конструкций пылеуловителей и режимов их использования существенно облегчается применением вычислительных газодинамических двухфазных моделей, что требует специальной валидации на основе сравнения

с экспериментальными данными [11-13]. Такое тестирование основывается на сравнении эффективности сепарации, профилей скорости, падения давления для аппаратов или отдельных компонент вентиляционной системы [14-16]. Поскольку физическим фактором сепарации в циклонах является центробежная сила, то критически важно согласовывать радиальные профили тангенциальной компоненты скорости $U_\varphi$ [17; 18].

Эффективность очистки газов в разных устройствах напрямую определяет надежность и долговечность работы вытяжных систем вентиляции и кондиционирования. В свою очередь, бесперебойность функционирования этих систем является ключевым элементом общей устойчивости инфраструктуры сложных объектов [19]. Современное проектирование высокоэффективных пылеуловителей может требовать их интеграции в общие цифровые модели зданий, с подстраиванием под систему местной вытяжной вентиляции [20; 21].

Численные модели циклонов должны воспроизводить как можно больше различных особенностей физических экспериментов [11; 17; 22]. Отметим недавние результаты по исследованию сложной пространственной структуры потоков пылевых частиц [23; 24], которая включает верхнее пылевое кольцо (ВПК) в виде закрученного потока в самом верху циклона под его верхней крышкой между внешней стенкой аппарата и внутренней выхлопной трубой. Нестабильность этого потока может приводить к вибрации оборудования, снижению эффективности очистки газа, интенсивной эрозии и износу стенок [25]. Кроме того, имеется система спиральных пылевых полос (СПП), локализованных преимущественно вдоль стенок аппарата. Указанные экспериментальные данные требуют теоретического анализа, в частности выявления физических механизмов формирования стабильного ВПК.

**Целью данной работы** является исследование динамической структуры пылевых потоков (СПП) в численных моделях циклонов различной конструкции, способных влиять на абразивные свойства двухфазного потока. Основные усилия направлены на изучение верхнего пылевого кольца. Научная проблема заключается в разрешении противоречия между необходимостью проектировать циклоны с оптимальной геометрией и отсутствием достоверных данных о закономерностях трансформации пылевых потоков, поскольку они формируются в условиях нестационарного и турбулентного течения газа.

## Материалы и методы исследований

На рис. 1 показаны три аппарата, для которых производились расчеты.

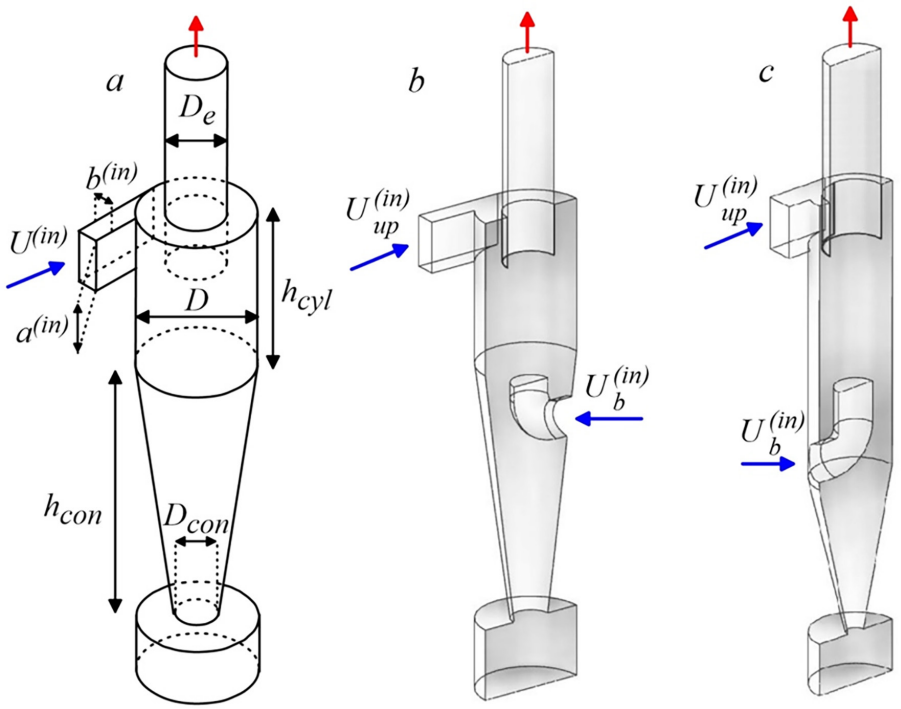



*Рис. 1. Три конструкции пылеуловителя, используемые в численных расчетах: а) классический циклон Стейрманда; б) ВЗП с двумя входными патрубками в рабочей камере с размерами, как в конструкции Стейрманда; в) ВЗП-100*
*Примечание: составлено авторами*

Первый является классическим циклоном Стейрманда (Stairmand) с одним верхним входом [11; 17]. Два других относятся к типу ВЗП (встречные закрученные потоки), в котором имеется два входных канала [26]. Вторая конструкция отличается от классического циклона Стейрманда только нижним осевым патрубком, через который подается закрученный чистый газ. Динамика газа и твердых частиц рассчитывается с использованием пакета Ansys Fluent 2025R2. 3D-модель строится в Autodesk Inventor.

Численное моделирование динамики газа основано на методе крупных вихрей (Large Eddy Simulation, LES), которое в отличие от RANS-подхода не содержит усреднения по времени. В результате отфильтрованные величины (скорость $\overline{\boldsymbol{u}}$, давление $p$) являются функциями координат $\boldsymbol{r} = (x,y,z)$ и времени $t$, сохраняя форму уравнения Навье – Стокса в несжимаемом пределе [17].

$$\frac{\partial \overline{\boldsymbol{u}}}{\partial t} + \left(\overline{\boldsymbol{u}}\cdot\nabla\right)\overline{\boldsymbol{u}} = -\frac{1}{\varrho^{(g)}}\nabla\hat{p} + \nabla\cdot\left[\left(\nu^{(m)} + \nu_{sgs}\right)\left(\nabla\overline{\boldsymbol{u}} + \left(\nabla\overline{\boldsymbol{u}}\right)^{T}\right)\right] + \boldsymbol{g}, \quad (1)$$

где $g$ = 9.8 м/с$^2$, $\varrho^{(g)}$ – постоянная плотность газа, $\overline{\boldsymbol{u}}$ – вектор скорости газа, отфильтрованный численной сеткой, $\nu^{(m)}$ – кинематическая молекулярная вязкость, $\nu_{sgs}$ – подсеточная кинематическая вязкость, учитывающая влияние неотфильтрованных мелкомасштабных вихрей, $p = p + (1/3)\varrho^{(g)}\tau_{kk}$ – модифицированное отфильтрованное давление, зависящее от следа подсеточного тензора $\tau_{kk}$, который определяется через подсеточную кинетическую энергию турбулентности $k_{sgs}$ соотношением $\tau_{kk} = 2k_{sgs}$. Для модели Смагоринского имеется простая связь

$$\nu_{sgs} = C_k \Delta\ell\sqrt{k_{sgs}}\ .$$

Истинная мгновенная скорость газа $\boldsymbol{u}$ складывается из $\overline{\boldsymbol{u}}$ и подсеточной пульсационной скорости

$$\boldsymbol{u}' = \zeta\frac{\sqrt{6}}{3}\left(\frac{\nu_{sgs}}{C_k\Delta\ell}\right)$$

где $\zeta$ – вектор случайных чисел, распределенных по нормальному закону, $C_k \approx 0.09 - 0.1$ константа Колмогорова для подсеточной энергии, $\Delta\ell$ – характерный линейный размер ячейки сетки, определяющий подсеточный фильтр).

Рассматривается двухфазная среда, состоящая из несущего газа и дисперсной фазы твердых частиц с заданным распределением массовых долей по диаметрам $\Psi(d^{(p)})$, ограничиваясь размерами $d^{(p)} = 0.5 \div 300$ мкм. Численная модель включает интегрирование уравнений движения для твердых частиц разного диаметра $d^{(p)}$. Сила Стокса обеспечивает передачу частицам кинетической энергии как со стороны разрешенных сеткой крупных вихрей, так и со стороны подсеточных турбулентных пульсаций газа. Метод LES позволяет учитывать формирование и развитие мелкомасштабных полосчатых структур в газе в пристеночной зоне [17], что может оказывать существенное влияние на характер движения твердых частиц.

Модель LES для описания газа является всегда нестационарной в отличие от моделей турбулентности на основе RANS-подхода [17]. Широко применяемые в инженерной практике RANS-модели $k - \varepsilon$ и RSM основаны на временном или ансамблевом осреднении уравнений Навье – Стокса, что не дает динамическую пространственно-временную структуру потока в циклоне. Применение метода крупных вихрей позволяет напрямую разрешать крупные нестационарные энергонесущие завихрения. Это дает возможность детально описывать динамику зарождения и распада пылевых полос в зависимости от геометрии аппарата.

В рамках Лагранжева подхода движение твердых частиц в газовом потоке сепаратора описывается вторым законом Ньютона

$$\frac{d\boldsymbol{r}^{(p)}}{dt} = \boldsymbol{u}^{(p)}, \quad (2)$$

$$\frac{d\boldsymbol{u}^{(p)}}{dt} = \frac{\boldsymbol{u} - \boldsymbol{u}^{(p)}}{\tau^{(p)}} + \boldsymbol{g} + \boldsymbol{F}_{add}, \quad (3)$$

где $\boldsymbol{r}^{(p)}$ – радиус-вектор частицы и $\boldsymbol{u}^{(p)}$ – ее скорость, $\boldsymbol{F}_{add}$ – дополнительные удельные силы, действующие на дисперсную фазу в закрученном потоке, $\tau^{(p)}$ – стоксово время релаксации частицы, равное

$$\tau^{(p)} = \frac{\varrho^{(p)}\left(d^{(p)}\right)^2}{18\mu^{(m)}}\cdot\frac{1}{1 + Re_p^{0.687}} \quad \text{для } Re_p \le 1000, \quad (4)$$

$$Re_p = \frac{\left|\boldsymbol{u} - \boldsymbol{u}^{(p)}\right|\cdot d^{(p)}}{\nu^{(m)}}, \quad (5)$$

где $Re_p$ – число Рейнольдса частицы, рассчитанное по ее относительной скорости движения в несущей среде [27].

Удельная сила $\boldsymbol{F}_{add}$ складывается из целого ряда физических факторов, оказывающих влияние на движение твердой частицы в вихревом поле газа с неоднородным давлением [27]. Выделим силы, наиболее существенные для нашего анализа механизма образования ВПК п.3,

$$\boldsymbol{F}_{add} = \boldsymbol{F}_{Saff} + \boldsymbol{F}_{Magn} + \boldsymbol{F}_{PG}, \tag{6}$$

где $\boldsymbol{F}_{Saff}$ – сила Саффмана [28], $\boldsymbol{F}_{Magn}$ – подъемная сила Магнуса, $\boldsymbol{F}_{PG}$ – сила градиента давления (в поле центробежных сил часто интерпретируется как центробежная сила Архимеда, обусловленная радиальной неоднородностью поля давлений в аппарате).

Сила Саффмана возникает, если частица движется в потоке с градиентом линейной скорости (например, в пограничном слое у стенки циклона или у крышки). Газ обтекает частицу с одной стороны быстрее, чем с другой. По закону Бернулли возникает перепад давлений, выталкивающий частицу поперек основного потока с силой [28]

$$\boldsymbol{F}_{Saff} = K_{Saff} \frac{6\varrho^{(g)}}{\pi\varrho^{(p)}} \frac{\sqrt{\nu^{(m)}}}{d^{(p)}} \frac{\left[\left(\boldsymbol{u} - \boldsymbol{u}^{(p)}\right) \times \operatorname{rot} \boldsymbol{u}\right]}{\sqrt{\left|\operatorname{rot} \boldsymbol{u}\right|}}, \tag{7}$$

где $\boldsymbol{F}_{Saff} = 1.615$ – постоянная Саффмана в приближении малого числа Рейнольдса. Если возникает отрицательное скольжение с $\boldsymbol{u} < \boldsymbol{u}^{(p)}$, то это обеспечивает направление силы строго вверх к торцевой крышке сепаратора. Такие условия могут возникать из-за инерции частиц с высоким числом Стокса при торможении несущего потока. Газ интенсивно теряет тангенциальную скорость из-за трения о поверхности и расширения потока при входе в аппарат по мере движения вдоль крышки. Если $Re_p > 1$, то силу Саффмана (7) $\boldsymbol{F}_{Saff,z}$ необходимо модифицировать для конечных чисел Рейнольдса [29]

$$F_{Saff,z}^{mod} = F_{Saff,z} \cdot f_{Mei}\left(Re_p, \alpha_S\right), \tag{8}$$

используя безразмерную поправку $f_{Mei}$ из [29]. Вертикальная компонента линейной силы Саффмана для горизонтального потока со скоростью $u_x$ равна

$$F_{Saff,z} = K_{Saff} \frac{6\varrho^{(g)}}{\pi\varrho^{(p)}} \frac{\sqrt{\nu^{(m)}}}{d^{(p)}} \cdot \left(u_x - u_x^{(p)}\right) \cdot \operatorname{sgn}\left(\frac{\partial u_x}{\partial z}\right) \sqrt{\left|\frac{\partial u_x}{\partial z}\right|}, \tag{9}$$

где $\delta u_{gp} = u_x - u_x^{(p)}$ определяет относительную скорость частицы.

Направление силы вверх возникает в (9) только при условии $\delta u_{gp} \cdot \operatorname{sgn}\left(\frac{\partial u_x}{\partial z}\right) > 0$. Поскольку $\frac{\partial u_x}{\partial z} < 0$, то сила Саффмана может прижимать частицы к крышке аппарата только при $\delta u_{gp} < 0$.

Рассмотрим влияние силы градиента давления $\boldsymbol{F}_{PG}$ в (6) на частицы в ВПК, ограничившись радиальной и вертикальной компонентами

$$\left(F_{PG}\right)_r = -\frac{1}{\varrho^{(p)}} \frac{\partial p}{\partial r}, \tag{10}$$

$$\left(F_{PG}\right)_z = -\frac{1}{\varrho^{(p)}} \frac{\partial p}{\partial z}. \tag{11}$$

Радиальная составляющая $(F_{PG})_r$, направленная к оси аппарата, препятствует центробежному выбросу крупных частиц на внешнюю стенку циклона. В торцевом слое Бёдевадта под крышкой тангенциальная скорость газа падает до нуля. Из-за ослабления центробежного напора в углах между крышкой и выхлопной трубой формируется локальная зона пониженного давления. Таким образом, давление падает с $z$-координатой, и сила $(F_{PG})_z$ направлена вверх к крышке аппарата.

Сила Магнуса в (6) возникает из-за вращения частицы вокруг собственной оси с угловой скоростью $\Omega_p$ в набегающем потоке газа. При малых числах Рейнольдса имеем

$$\boldsymbol{F}_{Magn} = K_{Magn} \frac{\varrho^{(g)}}{\varrho^{(p)}} \cdot \left[\left(\boldsymbol{u} - \boldsymbol{u}^{(p)}\right) \times \left(\frac{1}{2} \operatorname{rot} \boldsymbol{u} - \Omega_p\right)\right], \tag{12}$$

где $K_{Magn}$ – некоторый параметр. Направление силы Магнуса в зоне ВПК зависит от соотношения между вращением самого газа и собственным вращением частицы, а также величины $\delta\boldsymbol{u}_{gp} = \boldsymbol{u} - \boldsymbol{u}^{(p)}$.

Направление вертикальной компоненты силы Магнуса критически зависит от знака относительной скорости фаз (скольжения). В условиях отрицательного скольжения (частицы обгоняют газ, $u_x < u_x^{(p)}$) сила Магнуса направлена вниз в свободном потоке, но меняет направление сразу после соударения частицы с неподвижной крышкой, возвращая ее к крышке. Напротив, в режиме положительного скольжения (частицы отстают от газа, $u_x > u_x^{(p)}$) имеет место противоположная ситуация. Сила Магнуса прижимает свободные частицы к крышке аппарата, однако после непосредственного соударения с торцевой поверхностью приобретаемый угловой спин генерирует импульс, направленный вниз, уводя частицу вглубь аппарата. Учет силы Магнуса в Ansys Fluent 2025R2 при использовании LES требует включения опции Particle Rotation в приближении сферической частицы. Величина $K_{Magn}$ не является входным параметром в ANSYS Fluent и динамически вычисляется на основе выбора модели Oesterle-Bui-Dinh для подъемной силы вращающейся сферы и зависит от значений числа Рейнольдса частицы $Re_p$ и ее угловой скорости вращения $\Omega_{(p)}$ [27].

Численное моделирование в Ansys Fluent проводится с параметрами: $\varrho^{(p)} = 1.2$ кг/м$^3$, $\nu^{(m)} = 1.5 \cdot 10^{-5}$ м$^2$/с. Скорость газа в верхнем патрубке равна $U^{(in)} = 13$ м/с. В базовой модели геометрия циклонов *а* и *б* (рис. 1) одинакова и определяется параметрами: $D = 2R = 0.29$ м, $D_e = 0.19$ м, $h_{cyl} = 0.425$ м, $h_{con} = 0.725$ м, $D_{con} = 0.108$ м, $a^{(in)} = 0.145$ м, $b^{(in)} = 0.058$ м. Аппарат ВЗП на рис. 1*в* имеет следующие размеры: $D = 0.16$ м, $D_e = 0.11$ м, $h_{cyl} = 0.55$ м, $h_{con} = 0.3$ м, $D_{con} = 0.035$ м, $a^{(in)} = 0.1$ м, $b^{(in)} = 0.05$ м.

Дискретная фаза определяется плотностью $\varrho^{(p)} = 2740$ кг/м$^3$, скоростью на границе входного патрубка $U_p^{(in)} = U^{(in)}$. Инжекция частиц для каждого диаметра в интервале $\varrho^{(p)} = 0.5$, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 300 мкм осуществляется по типу Surface (по поверхности притока) со значением $Q^{(p)} = 2.95 \cdot 10^{-5}$ кг/с. Мы не учитываем взаимодействие между частицами, считая, что их концентрация мала. Поэтому для облегчения исследования дисперсного состава ВПК задаем равномерное распределение по массе. На каждом шаге интегрирования в базовой модели через верхний входной патрубок поступает 100 макрочастиц (parcels) для каждого диаметра в виде равномерного потока. Частицы сталкиваются с твердыми поверхностями внутри аппарата на основе граничного условия типа reflect с параметрами, которые являются предустановленными в Ansys Fluent. Параметры турбулентной дисперсии определялись моделью discrete-random-walk со значением Time Scale Constant, равным 0.15. Шаг интегрирования при расчете динамики твердых частиц равен временному шагу для уравнений газодинамики, что рекомендуется в руководствах по Ansys Fluent.

Режим связи фаз определяется приближением малой концентрации твердой фазы. В настройках Ansys Fluent отключается взаимодействие между самими частицами и влиянием динамики частиц на газовую фазу. Для силы Магнуса выбрана модель (Эстерле – Буи Диня) (Oesterle – Bui-Dinh), которая однозначно определяет все условия проведения вычислений и обеспечивает воспроизводимость. В частности, мы задали для силы сопротивления закон сферической вращающейся частицы. Начальный угловой момент инжектируемых частиц задавался равным нулю.

Для валидации LES-модели на примере циклона Стейрманда было проведено сравнение радиальных профилей азимутальной скорости $U_\varphi(r)$ в сечении $z / D = 0.625$ с результатами измерений скоростей газа методом LDA [30] (точка $z = 0$ соответствует низу конической части аппарата, рис. 1). На рис. 2*а* представлены вычисленные профили тангенциальной скорости для сеток с разным количеством элементов $N$. Анализ сеточной сходимости показывает хорошее согласие численного решения для $N = 1.2 \cdot 10^6$ с данными физического эксперимента [30]. Мгновенные значения скорости испытывают высокочастотные квазипериодические колебания с характерными периодами 0.01 – 0.03 с и типичными амплитудами в пределах 2 м/с. Все мгновенные радиальные профили азимутальной скорости $U_\varphi(r)$ находятся внутри закрашенной области на рис. 2*б* при установившемся режиме течения ($t > 3$ с), что указывает на статистическую сходимость.

На рис. 3 показаны радиальные профили тангенциальной скорости газа $U_\varphi$ в плоскости сечения при различных шагах интегрирования по времени $\Delta t_m = r_t \cdot 10^{-3} / r_t^{m-1}$ с $r_t = 1.5$ ($m = 1,2,3,4$). Усреднение скорости проводилось на длинном интервале 0.5 с. Задавать шаг больше $\Delta t_1$ затруднено, если искусственно не уменьшать слагаемые в уравнениях посредством выбора маленьких значений параметра Controls для решаемых уравнений в Ansys Fluent, поскольку без этого возникает численная неустойчи-

вость из-за нарушения критерия Куранта. Дальнейшее уменьшение шага интегрирования ниже значения $\Delta t_4$ в условиях, представленных на рис. 3, является нецелесообразным, поскольку вычислительная сходимость практически достигает насыщения, а точность численного решения на данной расчетной сетке перестает повышаться. Фактическая разница между решениями с $\Delta t_4$ и $\Delta t_3$ лежит в пределах 0.15 м/с (врезка на рис. 3), что обеспечивает погрешность в пределах 1% для основной части потока, кроме самой центральной части ядра вихря, поскольку на оси скорость обращается в нуль. Дальнейшее уменьшение временного шага не улучшает решения. Этот эффект хорошо известен при использовании модели крупных вихрей в условиях не только сильной турбулентности, но и прецессии вихревого жгута.

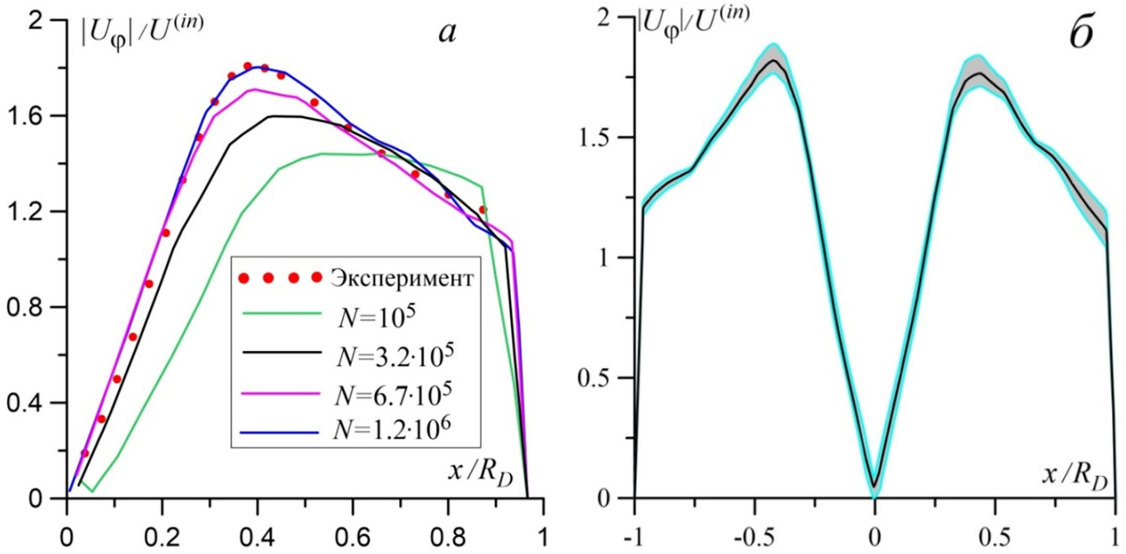



*Рис. 2. Профили тангенциальной скорости $U_\varphi$ в сечении $z / D = 0.625$:*
*а) профили скорости для разного числа элементов вычислительной сетки;*
*б) усредненный за 1 с профиль скорости и диапазон отклонений*
*Примечание: составлено авторами*

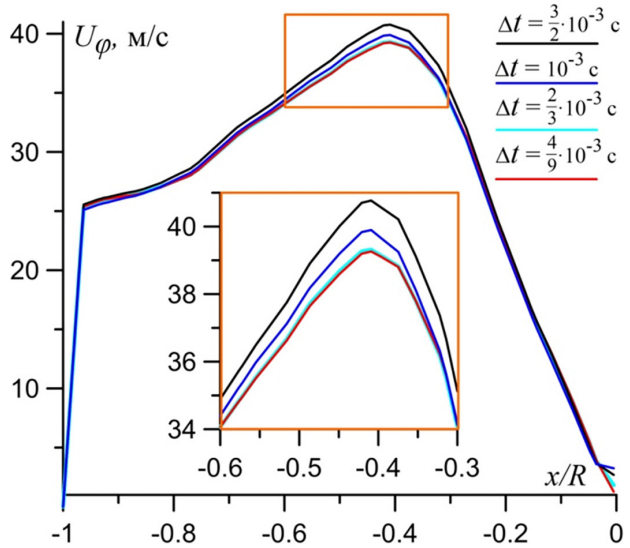



*Рис. 3. Усредненный профиль тангенциальной скорости $U_\varphi$ для четырех шагов*
*$\Delta t_1 = 3/2 \cdot 10^{-3}$ с, $\Delta t_2 = 10^{-3}$ с, $\Delta t_3 = 2/3 \cdot 10^{-3}$ с, $\Delta t_4 = 4/9 \cdot 10^{-3}$ с.*
*Врезка показывает скорости на максимуме в крупном масштабе*
*Примечание: составлено авторами*

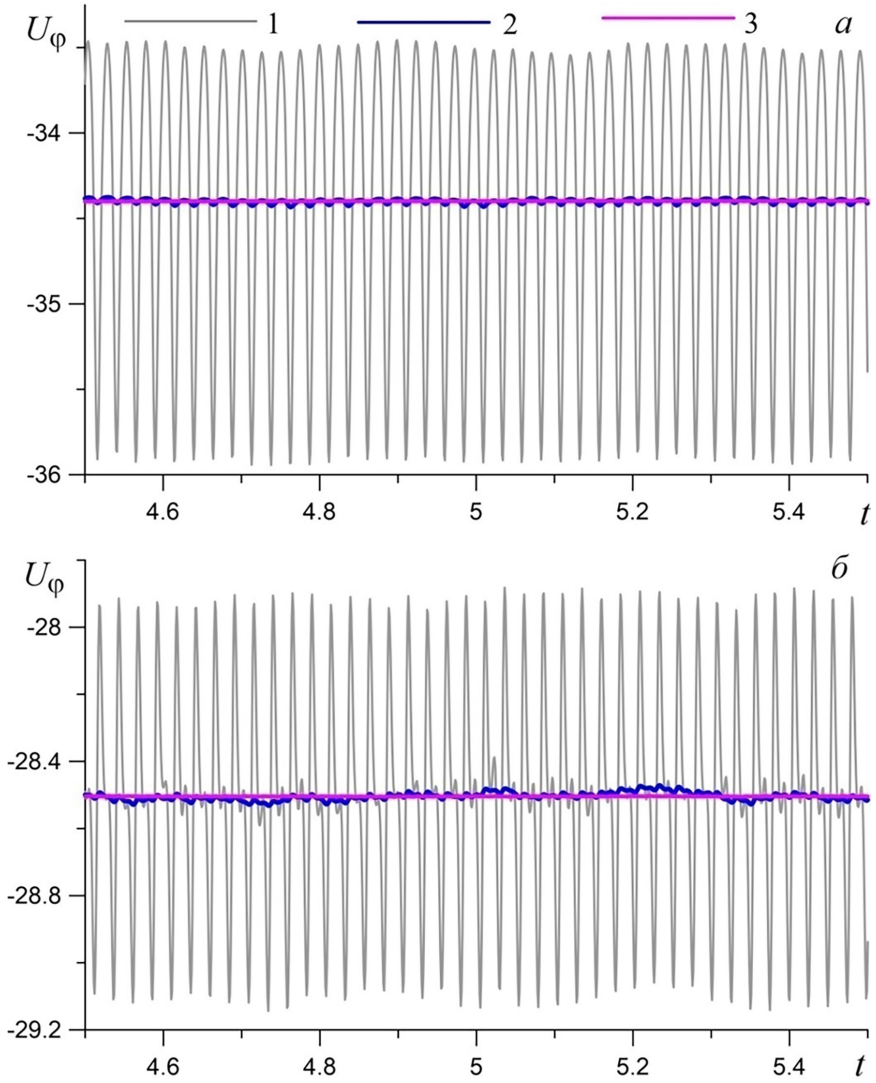



*Рис. 4. Зависимости азимутальной скорости $U_\varphi(t)$ в двух точках: а) r / D = 0.22 (окрестность максимума скорости вращения); б) r / D = 0.34. Показаны: мгновенная скорость (линия 1), результат усреднения на интервале 0.05 сек. (линия 2), на интервале 2 сек. (линия 3)*
*Примечание: составлено авторами*

Проведен анализ результатов усреднения скорости газа для различных интервалов выборки от 0.005 с до 2 с. На рис. 4 показана динамика мгновенной тангенциальной скорости $U_\varphi$ для циклона Стейрманда в двух точках, находящихся в сечении $z / D = 0.625$. Приведены также зависимости скользящих средних для интервалов усреднения от 0.05 до 2 секунд. Выбор интервала 0.05 сек. уже снижает амплитуду колебаний до 0.08 м/с на рис. 4, что существенно меньше погрешности физических измерений скорости газа в сепараторе. Таким образом, для скользящих средних значений скоростей имеем практически стационарное решение. Автокорреляционный анализ дает для интегрального масштаба времени значение $\tau_0 = 0.00306$ с. Для усреднения достаточно выбрать интервал (10-20) $\tau_0$, что демонстрируют кривые 2 на рис. 4.

## Результаты моделирования и их обсуждение

Движение твердых частиц определяется прежде всего полем скоростей газа $\boldsymbol{u}(\boldsymbol{r},t)$, воздействующим на дисперсную фазу посредством силы аэродинамического сопротивления (силы Стокса) в уравнении (3). Формирование вихря в сепараторе обуславливает интенсивное вращение газа, вследствие чего возникающая центробежная сила смещает частицы преимущественно в пристеночную зону.

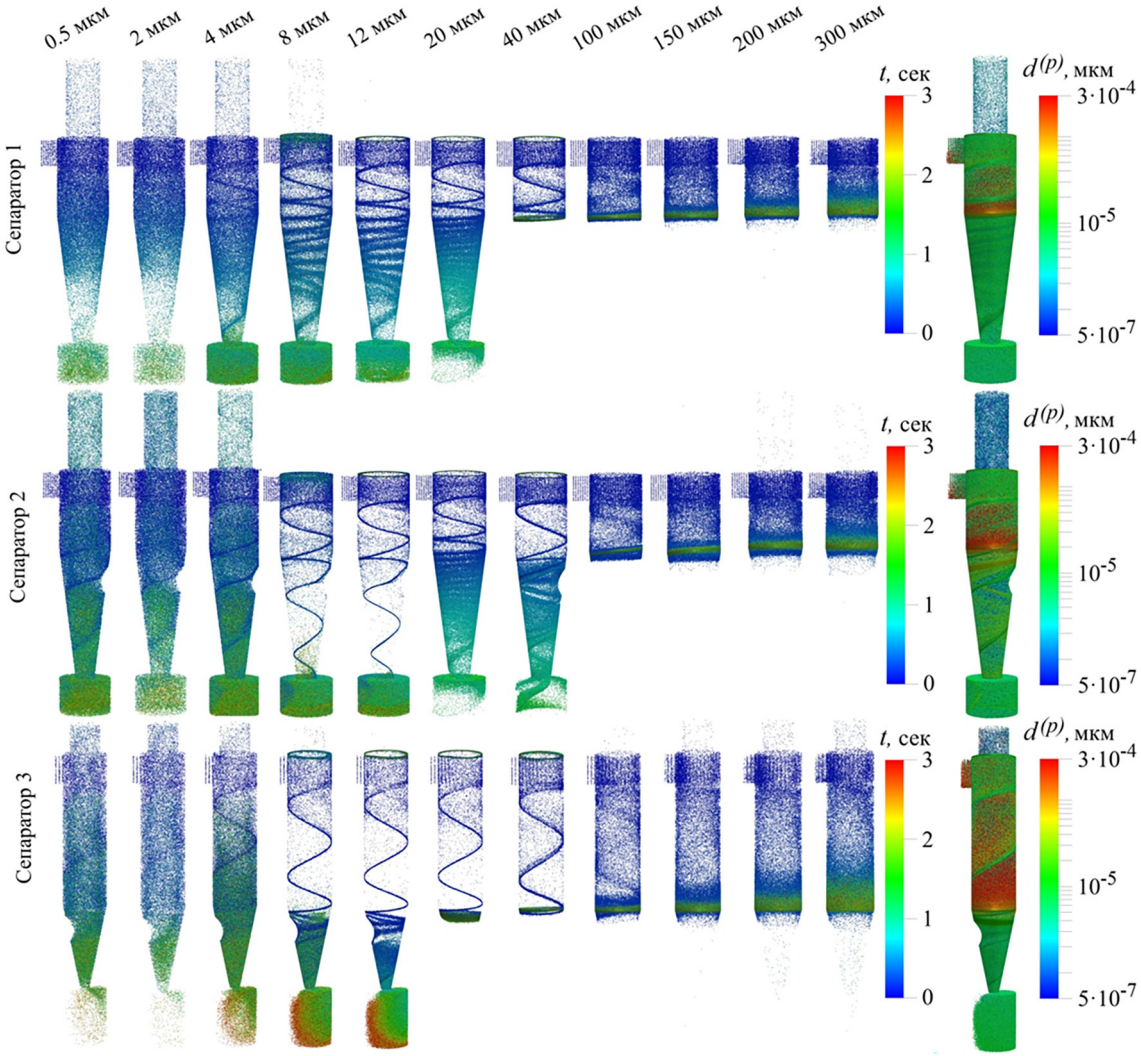



*Рис. 5. Структура пылевых потоков для частиц с временем жизни $t \leq 3$ с разного диаметра для трех конструкций циклонов. Цветом показаны значения t и диаметр $d^{(p)}$*
*Примечание: составлено авторами*

На рис. 5 представлена типичная пространственная структура пылевых потоков в объеме трех исследуемых конструкций сепараторов в зависимости от дисперсности фазы. Цветовая шкала отображает локальное время нахождения дисперсной фазы $t$ в расчетной области в пределах 3 с. На правых панелях показаны суммарные распределения частиц всех исследуемых диаметров от 0.5 до 300 мкм.

Анализ траекторий показывает, что мелкодисперсная фаза $d^{(p)} \geq$ (4 мкм) практически полностью увлекается несущим газом. Частицы этого диапазона относительно равномерно распределены по всему объему вихря, и значительная их часть выносится через верхний патрубок. С увеличением диаметра частиц (8–40 мкм) центробежная сила начинает доминировать над силой аэродинамического сопротивления. Частицы четко группируются в дискретные спиралевидные структуры – пылевые жгуты. Шаг и стабильность этих жгутов существенно зависят от геометрии аппарата. Отличия между первой конструкцией и двумя другими обусловлены иной вихревой структурой газа в ВЗП, формирующейся из-за восходящего закрученного потока из нижнего патрубка. Если в циклоне Стейрманда формируется глобальный вихрь Ранкина, то в ВЗП нижний вход газа разрывает связь между нисходящим и восходящим потоками. Это существенно ослабляет прецессию вихревого ядра, что делает пылевые жгуты более узкими по сравнению с классической конструкцией Стейрманда.

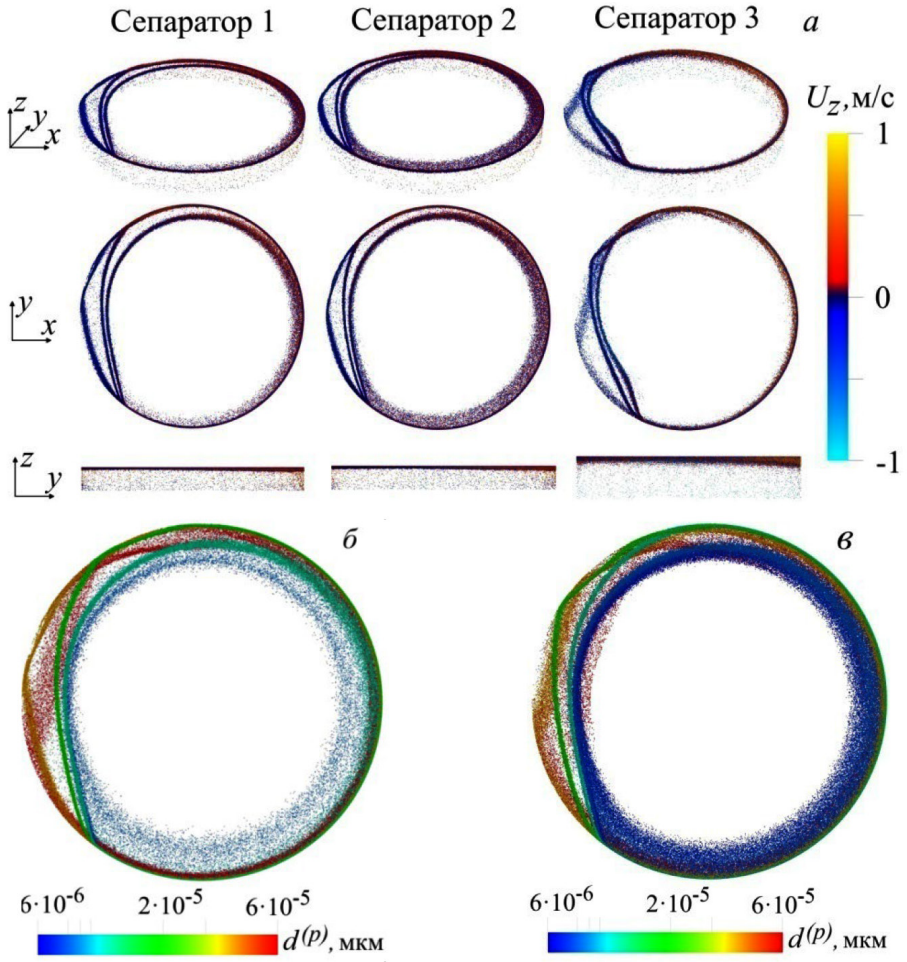



*Рис. 6. Пространственная и кинематическая структура верхнего пылевого кольца (ВПК): а) распределение частиц диаметром $d^{(p)}$ = 12, 20, 40 мкм под крышкой аппарата в верхней зоне толщиной 3 см с $U^{(in)}$ = 13 м/с. Разный цвет показывает значения вертикальной скорости частиц; б) распределение частиц диаметром $d^{(p)}$ = 6, 8, 12, 20, 40, 60 мкм под крышкой сепаратора 1 с $U^{(in)}$ = 13 м/с (цвет указывает диаметр частиц); в) сепаратор 1 с $U^{(in)}$ = 26 м/с*
*Примечание: составлено авторами*

Время нахождения крупных частиц (40–300 мкм) в цилиндрической части рабочей камеры существенно возрастает. Это происходит из-за формирования мощного пылевого кольца на границе перехода к конической части, время прохождения которой значительно превышает 3 с. Данный эффект проявляется во всех рассмотренных конструкциях, включая классический циклон Стейрманда. Минимальный диаметр частиц в этом кольце зависит от конструктивных параметров аппарата и лежит в пределах от 20 до 100 мкм.

На рис. 6 в модели без учета сил Саффмана (8), Магнуса (12) и градиента давления (11) показана пространственная и кинематическая структура верхнего пылевого кольца (ВПК) под крышкой аппарата, которое формируется преимущественно из достаточно крупных частиц. Газодисперсный поток вводится в рабочую камеру слева вдоль оси *y*. Толщина визуализируемого горизонтального слоя вдоль оси *z* составляет 3 см. Основное тонкое кольцо локализуется в периферийной области верхнего торца аппарата, строго в торцевом угловом кармане на стыке крышки и стенки. Распределение частиц на рис. 6*а* показывает их вертикальную компоненту скорости, которая сложным образом меняется вдоль вращающегося кольцевого потока. В зоне входного патрубка (левая часть колец на рис. 6*а*) происходит пространственное расслоение пылевого кольца, где частицы имеют отрицательную вертикальную скорость ($u_z^{(p)} < 0$, синий цвет фракции). В правой зоне колец частицы ВПК движутся в целом вверх ($u_z^{(p)} > 0$), формируя более концентрированное и стабильное кольцо непосредственно на сопряжении крышки и стенки корпуса. Примеры мгно-

венного распределения частиц по диаметрам в ВПК показаны на рис. 6 (б и в). В зависимости от размера частицы образуются различные кольцеобразные структуры. Четко выделяется широкое диффузионное кольцо, состоящее из частиц диаметром 6 – 8 мкм. Эта компонента состоит из наиболее мелкодисперсной части ВПК, поскольку частицы меньшего диаметра оказываются уже вмороженными в газовый поток.

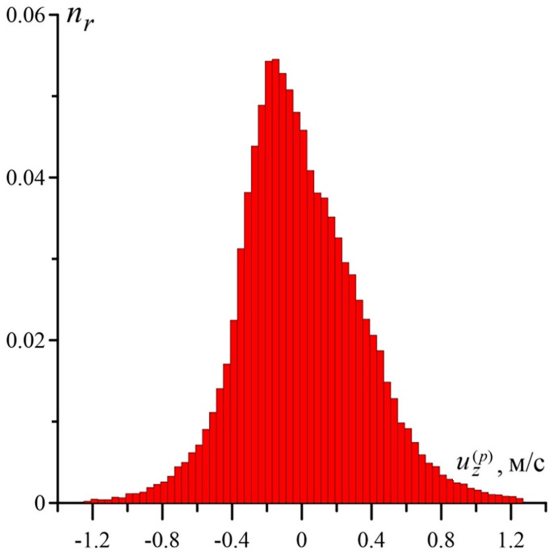



*Рис. 7. Относительное распределение числа частиц по вертикальным скоростям под крышкой аппарата*
*Примечание: составлено авторами*

Гистограмма на рис. 7 дает распределение числа частиц по скоростям в зоне под крышкой для твердой фазы в сепараторе 3 (рис. 6*а*). Большая доля частиц с маленькой скоростью в пределах $|U_z^{(p)}| < 0.2$ м/с на этом распределении относится к ВПК. Асимметричный вид распределения обусловлен наличием верхней крышки, ограничивающей число частиц с положительной скоростью.

Рис. 8 показывает дисперсный состав пыли $n_r$, находящейся непосредственно под торцевой крышкой в слое толщиной 3 см, по результатам вычисленных экспериментов. Величина $n_r$ определяет относительную долю частиц фиксированного диаметра $d^{(p)}$. Нормировка производится с учетом всех частиц диаметром в интервале от 4 до 150 мкм (именно эти пределы показаны на рис. 8), чтобы сумма $n_r(d^{(p)})$ по всем диаметрам из указанного интервала давала 1. Для сравнения вклада дополнительных сил мы построили для трех конструкций циклонов зависимости дисперсионных составов $n_r(d^{(p)})$ с учетом и без учета трех дополнительных сил (Саффмана, Магнуса и градиента давления), способных действовать на частицы. В системе Ansys Fluent это осуществляется выбором соответствующих опций в интерфейсе.

Сплошные линии на рис. 8 показывают дисперсный состав верхнего слоя пыли в модели с дополнительными силами. Основная доля частиц находится в некотором интервале диаметров от $d_{min}^{(ring)}$ до $d_{max}^{(ring)}$, образуя ВПК. Величины $d_{min}^{(ring)}$ и $d_{max}^{(ring)}$ не являются строго определенными параметрами и характеризуют некоторый интервал (кривые на рис. 8), где происходит резкое возрастание величины $n_r$ для $d_{min}^{(ring)}$ и спад для $d_{max}^{(ring)}$. Для определенности под $d_{min}^{(ring)}$ и $d_{max}^{(ring)}$ будем понимать средние значения на участке роста и падения $n_r$ соответственно. Например, для сепаратора 1 на рис. 8*а* принимаем $d_{min}^{(ring)} \simeq 9$ мкм.

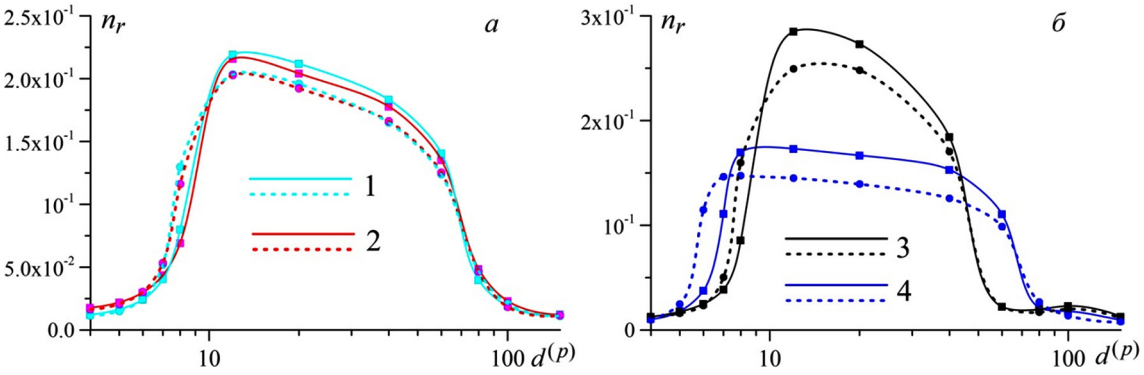



*Рис. 8. Относительное число частиц $n_r$ в верхнем пылевом кольце разных диаметров в численных экспериментах для трех конструкций сепаратора в моделях с учетом дополнительных сил (сплошные линии) и без учета этих сил (пунктирные линии):*
*а) голубые линии – сепаратор 1 (рис. 1), красные линии – сепаратор 2 ($U^{(in)}$ = 13 м/с);*
*б) черные линии – сепаратор 3, синие линии – сепаратор 1 ($U^{(in)}$ = 26 м/с)*
*Примечание: составлено авторами*

Сравнение дисперсного состава на рис. 8 в моделях с тремя дополнительными силами (сплошные линии) и без их учета (пунктирные линии) позволяет сделать вывод в отношении трех рассмотренных конструкций, что суммарное действие сил Саффмана, Магнуса и градиента давления имеет второстепенное влияние на формирование ВПК по сравнению с основным действием слоя Бёдевадта. Конкретные оценки зависят от конструкции аппарата и скорости втекающего газа. Для сепараторов 1 и 2 при типичной рабочей скорости $U^{(in)} = 13$ м/с для основной части ВПК (интервал от 10 до 60 мкм) отличие между моделями не больше 10%. Особенностью является смещение левой границы $d_{min}^{(ring)}$ примерно на 1 мкм, и для таких пограничных частиц формальное вычисление разницы по параметру $n_r$ в двух моделях, естественно, оказывается больше (из-за смещения кривой с большим градиентом вдоль горизонтальной оси). Усиление роли дополнительных сил для таких пограничных частиц очевидно, поскольку их вертикальная скорость в модели с учетом только слоя Бёдевадта близка к нулю. И даже небольшая дополнительная сила заметно изменяет дисперсный состав в небольшом интервале диаметров в окрестности $d_{min}^{(ring)}$, локально увеличивая $n_r$.

Для сепаратора 3 интегральное влияние трех дополнительных сил увеличивается (см. разницу между сплошной и пунктирной черными линиями на панели б). Это связано с тем, что расстояние между выхлопной трубой и основной стенкой аппарата в этой конструкции уменьшается. Это приводит к формированию более слабого слоя Бёдевадта, что ослабляет эффект прижатия частиц к крышке за счет восходящего потока. Соответственно, относительный вклад дополнительных сил повышается, оставаясь не доминирующим. Расчеты с очень высокой входной скоростью (в 2 раза выше типичной скорости 13 м/с для таких аппаратов) дают расхождение примерно 17% для основных частиц ВПК в случае сепаратора 1 (кривые синего цвета). Уменьшение максимальных значений $n_r$ в этом случае связано с расширением распределения. Таким образом, конкретные количественные значения вклада дополнительных сил могут варьироваться в зависимости от конструкции и режима работы. Но для исследованных ситуаций вывод о второстепенном влиянии трех дополнительных сил по сравнению с ролью слоя Бёдевадта сохраняется.

Проведенные вычислительные эксперименты позволяют непосредственно оценивать минимальные и максимальные размеры частиц, образующих ВПК, $d_{min}^{(ring)} \lesssim d^{(p)} \lesssim d_{max}^{(ring)}$.

Расчеты дают также поля скоростей и скорости движения частиц вдоль их траекторий. Эти данные позволяют лучше понять физические механизмы генерации ВПК. Для этого рассмотрим баланс вертикальных сил для частицы с учетом сил тяжести и Стокса в восходящем потоке слоя Бёдевадта вдоль внешней стенки со скоростью газа $u_z$. Для частиц с вертикальной скоростью, равной нулю, указанный баланс сил дает связь между скоростью $u_z$ и диаметром $d_{max}^{(ring)}$

$$d_{max}^{(ring)} = \sqrt{\frac{18\mu^{(m)}u_z}{g\varrho^{(p)}}}. \qquad (13)$$

Для сепараторов 1 и 2 с базовой скоростью $U^{(in)} = 13$ м/с численные эксперименты дают типичные значения $u_z = 0.3$–$0.4$ м/с в восходящем потоке (рис. 9, 10). Тем самым формула (13) дает $d_{max}^{(ring)} = 61$–$70$ мкм, что согласуется с прямыми данными на рис. 8*а*. Уменьшение скорости до $u_z = 0.15$–$0.25$ м/с в сепараторе 3 дает снижение диаметра $d_{max}^{(ring)} = 43$–$55$ мкм, что также соответствует кривой 3 на рис. 8*б*.

*Рис. 9. Распределение компонент скорости газа под торцевой крышкой аппарата:*
*а) радиальная компонента в плоскости (x=0, y, z);*
*б) аксиальная компонента в плоскости (x=0, y, z);*
*в) аксиальная компонента в плоскостях (x,y);*
*г) радиальная компонента в плоскостях (x,y)*
*Примечание: составлено авторами*

В основе физического механизма формирования ВПК лежит специфическая геометрия трехмерного поля скоростей газа в предторцевой зоне аппарата. На фоне вращения несущей среды происходит формирование торцевого слоя Бёдевадта. Далеко от крышки закрученный поток газа находится в состоянии радиального равновесия центробежной силы и градиента давления ($\partial p / \partial r > 0$).

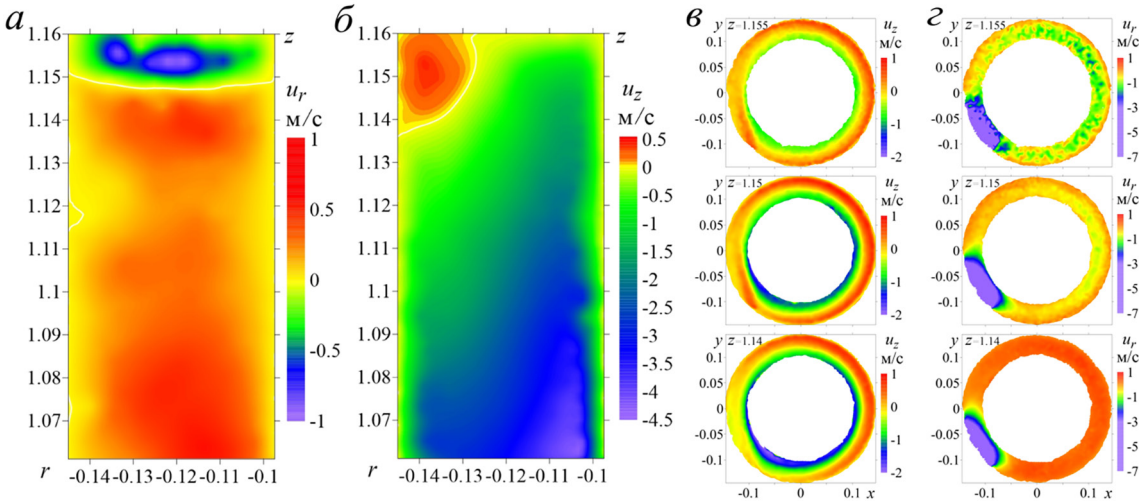



*Рис. 10. Линии тока в сечении сепаратора 1 для $U^{(in)}$ = 20 м/с*
*Примечание: составлено авторами*

Вблизи неподвижной крышки из-за вязкого прилипания газа к твердой поверхности тангенциальная скорость $U_\varphi$ падает до нуля. Соответствующая центробежная сила в пристенном слое практически исчезает. Радиальный градиент давления остается неизменным и выдавливает пристенный газ вдоль крышки радиально от периферии к центру (к выхлопной трубе), приводя к формированию слоя Бёдевадта в виде локальной трехмерной торцевой вихревой структуры. Достигая внешней стенки выхлопного патрубка, газовый поток разворачивается и уходит вертикально вниз вдоль трубы. Ниже пограничного слоя имеется компенсирующее течение в противоположном направлении от выхлопной трубы к внешним стенкам, где в квазипотенциальном ядре потока вновь доминируют мощные центробежные силы. Далее газ поднимается вверх вдоль внешней стенки, замыкая торцевую вихревую структуру (ТВС). Последняя зона с $U_z > 0$ является ключевой для генерации ВПК.

Пристенный вязкий подслой Бёдевадта определяется балансом вязких и инерционных сил. Вертикальный размер всей ТВС $\delta_B$ задается зоной втекания газа в циклон, где он совершает свой первый трехмерный разворот. Величина $\delta_B$ определяется размерами $a^{(in)}$, $b^{(in)}$, $(D - D_e) / 2$ и скоростью $U^{(in)}$. Рис. 9 показывает распределение вертикальной и радиальной скоростей в разных сечениях, демонстрируя общую структуру течения. Особый интерес представляет малая окрестность сопряжения внешней стенки и торцевой крышки, где располагается пылевое кольцо. Поднимающийся вдоль стенки газ ($u_z > 0$) поворачивает в области размером $L^{(loc)}$ на 90° и двигается вдоль крышки в сторону выхлопной трубы ($u_r < 0$). Условия в этой зоне торцевого угла отвечают за образование верхнего пылевого кольца.

Баланс силы тяжести и восходящей силы аэродинамического сопротивления Стокса дает скорость витания

$$u_{vit} = \frac{\varrho^{(p)} \cdot g \cdot \left(d^{(p)}\right)^2}{18\mu^{(m)}} .$$

При выполнении $u_z > u_{vit}$ частица поднимается вверх. Если размер частицы маленький ($d^{(p)} \lesssim 5$ мкм), то такая пылинка является вмороженной в поток газа, и она движется вдоль линий тока, уходя к центру аппарата. Для более массивных частиц с $d^{(p)} \gtrsim 10$ мкм начинает проявляться инерционность, способствующая сходу частицы с линии тока и накоплению пыли в зоне торцевого угла. Очень крупные частицы с диаметром больше 100 мкм имеют $u_{vit} > 0.8$ м/с и уже не могут попадать в зону ВПК. Например, для частиц с $d^{(p)} = 10$ мкм имеем $u_z > u_{vit}$ (10 мкм) $\simeq 1$ см/с, что всегда выполняется. Мелкая частица огибает торцевой угол вместе с газом.

ВПК является стабильным, так что частица совершает сотни оборотов, прежде чем покидает область под торцевой крышкой. Форма аппарата определяет как свойства ВПК, так и структуру спиральных пылевых жгутов в целом. Важным параметром является соотношение диаметров корпуса и выхлопного патрубка $\ell_D = D_e / D$, определяющее ширину зоны, где может формироваться слой Бёдевадта и вся торцевая вихревая структура. Кроме того, значение $\ell_D = D_e / D$ оказывает влияние на максимальную скорость вращения газа, размеры

ядра глобального вихря и его прецессию, что непосредственно сказывается на динамике пылевых жгутов.

Реальное движение газа и частиц происходит по спиралям, потому что азимутальная скорость $U_\varphi$ существенно выше радиальной и вертикальной, что усложняет картину течения. Количественные свойства потока существенно зависят также от модели турбулентности. Для проверки рассмотрена модель LES, позволяющая выявлять более тонкую структуру течения. На рис. 10 показаны линии тока газа в вертикальном сечении аппарата *yz*. Под крышкой аппарата также имеется торообразная вихревая структура. Ее параметры под крышкой заметно меняются вдоль азимутального угла. Однако условия для образования ВПК в самом углу рабочей камеры сохраняются.

## Заключение

Перечислим основные результаты исследования, полученные только для трех конструкций центробежных сепараторов с небольшими значениями диаметров $D$ = 0.16, 0.29 м и высотой рабочей камеры 0.85 и 1.15 м соответственно. Такие конструкции характерны для лабораторных установок, предназначенных для исследовательских задач.

1. Численные эксперименты динамики двухфазной среды в рассмотренных центробежных сепараторах показывают формирование стабильного верхнего пылевого кольца (ВПК) в узкой зоне торцевого угла. Дисперсный состав ВПК примерно ограничен минимальным диаметром $d_{min}^{(ring)} \simeq$ 5–10 мкм и максимальным значением $d_{max}^{(ring)} \simeq$ 40–80 мкм. Критические значения $d_{min}^{(ring)}$ и $d_{max}^{(ring)}$ зависят от скорости втекания газа через верхний вход, соотношений диаметра циклона $D$ и диаметра выхлопной трубы $D_e$, а также других параметров, способных влиять на скорость восходящего потока в слое Бёдевадта.

2. Доминирующим физическим механизмом образования ВПК является вертикальный восходящий поток газа в зоне предторцевого угла, как часть пограничного слоя Бёдевадта. Показано, что силы Саффмана, Магнуса и градиента давления оказывают второстепенное влияние на формирование ВПК и его дисперсный состав.

3. Обнаружено, что на границе сопряжения цилиндрической и конической частей сепаратора возникает устойчивое долгоживущее пылевое кольцо. Минимальный диаметр удерживаемых в этой зоне частиц критически зависит от конструктивных параметров аппарата и находится в пределах от 20 до 100 мкм.

4. Показано, что формирующиеся в рабочей камере сепаратора спиралевидные пылевые жгуты состоят из частиц с дисперсным составом, близким к характеристикам верхнего пылевого кольца.

## Список литературы


1. Hosen K., Barbulescu A. Cement Industry Pollution Mitigation: A Comprehensive Review on Reducing Environmental and Health Impacts // Toxics. 2026. Vol. 14, Is. 2. Article 138. URL: Ishttps://www.mdpi.com/2305-6304/14/2/138 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.3390/toxics14020138.

2. Dmitrieva O. S., Dmitriev A. V., Nikolaev A. N., Badretdinova G. R. Application Features of Vortex-Type Devices of Various Designs in Industry // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2025. Vol. 59. № 3. P. 573–577. URL: https://link.springer.com/article/10.1134/S0040579525602006 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.1134/S0040579525602006.

3. Абаляев А. Ю., Анисимов А. А. Комбинированная система очистки газов от сажи для энергетических установок малой мощности // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 7. С. 7-12. URL: https://top-technologies.ru/article/view?id=38746 (дата обращения: 19.06.2026). DOI: 10.17513/snt.38746.

4. Садртдинов И. К., Мусаев А. М., Сафиуллин Р. Г. Пути интенсификации процессов и экономическая целесообразность использования высокоскоростных потоков в газоочистных и вентиляционных сооружениях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). С. 189-196. URL: https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhernala/arkhiv-zhurnala?sod=sod2_2010&idizv=41 (дата обращения: 15.06.2026).

5. Салахова Э. И., Дмитриев А. В., Зинуров В. Э., Набиуллин И. Р., Салахов И. И. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора // Катализ в промышленности. 2022. № 22(2). С. 57-64. URL: https://www.catalysis-kalvis.ru/jour/article/view/808 (дата обращения: 05.06.2026). DOI: 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.

6. Салахова Э. И., Зинуров В. Э., Абдуллина А. А., Дмитриева О. С., Мадышев И. Н., Титенков В. В. Численное моделирование улавливания мелкодисперсных частиц катализатора сепарационным устройством с дугообразными элементами // Ползуновский вестник. 2024. № 1. С. 161–168. URL: https://ojs.altstu.ru/index.php/PolzVest/article/view/537 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.019.

7. Зинуров В. Э., Дмитриев А. В., Биккулов Р. Я., Дмитриева О. С., Абдуллина А. А. Сравнение технических характеристик мультивихревого сепаратора с циклонами различных модификаций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25. № 3. С. 117-127. URL: https://www.energyret.ru/jour/article/view/2685 (дата обращения: 18.06.2026). DOI: 10.30724/1998-9903-2023-25-3-117-127.

8. Волшаник В. В., Орехов Г. В. Области применения взаимодействующих закрученных потоков жидкостей и газов // Вестник МГСУ. 2015. № 7. С. 87-104. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23790329 (дата обращения: 20.06.2026).

9. Дмитриева О. С., Дмитриев А. В., Николаев А. Н., Бадретдинова Г. Р. Особенности применения вихревых аппаратов различных конструкций в промышленности // Вестник Технологического университета. 2024. Т. 27. № 10. С. 79-84. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=74329420 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.55421/1998-7072_2024_27_10_79.

10. Фадин Ю. М., Богданов В. С., Юрьева М. В., Вечканов А. В. Возвратно-поточные циклоны. Истоки возникновения и направления совершенствования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 104-109. URL: http://dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/2100 (дата обращения: 19.06.2026). DOI: 10.12737/article_590878fb4a9c99.71247127.

11. Савин Е. С., Хоперсков А. В. Обзор численных моделей пылеуловителей циклонного типа // Математическая физика и компьютерное моделирование. 2025. Т. 28. № 4. С. 54-106. URL: https://mp.jvolsu.com/index.php/ru/archive-ru/527-mathematical-physics-and-computer-simulation-2025-vol-28-no-4/modelirovanie-informatika-i-upravlenie/1183-savin-e-s-khoperskov-a-v-obzor-chislennykh-modelej-pyleulovitelej-tsiklonnogo-tipa (дата обращения: 20.06.2026). DOI: 10.15688/mpcm.jvolsu.2025.4.4.

12. Белоусов А. С., Овсянников Д. А. Проверка моделей турбулентных течений для прикладных технологических расчетов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 4 (412). С. 195-200. URL: https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads//2024/10//412_26.pdf (дата обращения: 17.06.2026). DOI: 10.47367/0021-3497_2024_4_195.

13. Li B., Gao L., Li Y., Zhu K., Fu Z., Xu S., Li M. Review on the Optimal Design of Cyclone Separator: Theory, Methodology, and Applications // Frontiers in Heat and Mass Transfer. 2026. Vol. 24. No. 3. Article 3. DOI: 10.32604/fhmt.2026.075814.

14. Constantin M., Dobre C., Chelmuș A., Băran N., Taban D., Ibrean B., Dima D., Oprea M. Comparative Study of Single Cyclone Validation and Predictive Simulation of Multi-Cyclone Configurations // Applied Mechanics. 2025. Vol. 6. № 4. Article 82. URL: https://www.mdpi.com/2673-3161/6/4/82 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.3390/applmech6040082.

15. Белоусов А. С., Овсянников Д. А., Абрамин В. Ю. Моделирование и анализ пространственных двухфазных течений с закруткой потока // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 212-217. URL: https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2021/12/395_38.pdf (дата обращения: 18.06.2026). DOI: 10.47367/0021-3497_2021_5_212.

16. Зиганшин А. М., Черных В. Л., Логачев К. И., Сарчин Р. Р. Валидация численного решения задачи о течении запыленного потока воздуха в прямом канале // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. № 2 (72). С. 8-20. URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2025/1_8_20_72.pdf (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.48612/NewsKSUAE/72.1.

17. Savin E. S., Khoperskov A. V. Comparative Analysis of Turbulent Models for Gas Flow Dynamics in Cyclone Separators // Technologies. 2026. № 14(5). Article 282. URL: https://www.mdpi.com/2227-7080/14/5/282 (дата обращения: 20.06.2026). DOI: 10.3390/technologies14050282.

18. Загоскин А. А., Карпов С. В., Сабуров Э. Н. О численном моделировании аэродинамики циклонных устройств // Вестник Череповецкого государственного университета. 2014. № 1 (54). С. 13-18. URL: https://vestnik-chsu.ru/publikatsii/vestnik-cherepovetskogo-gosudarstvennogo-universiteta-1-54-2014/ves-vypusk.pdf (дата обращения: 19.06.2026).

19. Саввин Н. Ю., Строкова В. В., Аверкова О. А., Логачев К. И. Оценка надежности работы инженерных систем с учетом прогнозирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2025. Т. 10. № 11. С. 78-87. URL: https://bulletinbstu.editorum.ru/ru/nauka/article/101130/view (дата обращения: 05.06.2026). DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-11-78-87.

20. Radziejowska A., Ciepłucha W., Majta M. Pilot implementation of a digital building model for operational management // Archives of Civil Engineering. 2025. Vol. 71. № 1. P. 365-380. URL: https://journals.pan.pl/dlibra/publication/153339/edition/134504/content (дата обращения: 18.06.2026). DOI: 10.24425/ace.2025.153339.

21. Logachev K. I., Popov E. N., Kozlov T. A., Ziganshin A. M., Gao R., Averkova O. A., Tiron O. V. Numerical and experimental studies of airflows at exhaust hoods with inlet extensions // Building and Environment. 2024. № 261. id. 111753. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013232400595X (дата обращения: 18.06.2026). DOI: 10.1016/j.buildenv.2024.111753.

22. Krisch R., Paschedag A. R., Muller K. W. Numerical investigation and experimental validation of separation efficiency in a dual-inlet cyclone with a downcomer tube // Separation Science and Technology. 2026. Vol. 61. № 2. P. 333-346. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01496395.2025.2591197 (дата обращения: 17.06.2026). DOI: 10.1080/01496395.2025.2591197.

23. Cui H., Chen J.-Y., Wu X.-J., Cao M.-Q., Yang L.-X., Fan X.-Q., Wei Y.-D. Experimental study on the instability characteristics of the top ash ring in the cyclone separator // Separation and Purification Technology. 2025. Vol. 355. Article 129549. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138358662403288X (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.1016/j.seppur.2024.129549.

24. Gao Z., Liu Z., Song Z., Li C., Qi X., Ling H., Wei Y. Peculiarities of particle motion inside cyclone separator by using LES-DRW model // Chemical Engineering Research and Design. 2022. Vol. 183. P. 512–524. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263876222002799 (дата обращения: 19.06.2026). DOI: 10.1016/j.cherd.2022.05.053.

25. Ricardo G. A. N., Sommerfeld M. Comprehensive Euler/Lagrange modelling including particle erosion for confined gas-solid flows // Particuology. 2024. № 84. P. 209-235. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1674200123001281 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.1016/j.partic.2023.06.010.

26. Азаров В. Н., Азаров Д. В. Пылеуловители со встречными закрученными потоками. / Волгоград: Волгоградский государственный технический университет. 2020. 140 с. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45634850 (дата обращения: 25.06.2026). ISBN: 978-5-9948-3431-2.

27. ANSYS Fluent Theory Guide, Release 2025 R2. Canonsburg, PA, USA: ANSYS, Inc., 2025. 1162 p. URL: https://ansyshelp.ansys.com/public/Views/Secured/corp/v252/en/pdf/Ansys_Fluent_Theory_Guide.pdf (дата обращения: 15.06.2026)

28. Saffman P. G. The lift on a small sphere in a slow shear flow // Journal of Fluid Mechanics. 1965. Vol. 22. № 2. P. 385-400. URL: https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/abs/lift-on-a-small-sphere-in-a-slow-shear-flow/56A8044522E68A3EB2CDB9C81D3DEE75 (дата обращения: 25.06.2026). DOI: 10.1017/S0022112065000824.

29. Mei R. An approximate expression for the shear lift force on a spherical particle at finite reynolds number // International Journal of Multiphase Flow. 1992. № 18(1). P. 145-147. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301932292900126 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.1016/0301-9322(92)90012-6.

30. Hoekstra A. J. Gas Flow Field and Collection Efficiency of Cyclone Separators. / Delft: Delft University of Technology. 2000. 165 p. URL: https://repository.tudelft.nl/record/uuid:67b8f405-eef0-4c2d-9646-80200e5274c6 (дата обращения: 17.06.2026). ISBN: 90-90143341-3.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания FZUU-2026-0005.

**Financing:** The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project FZUU-2026-0005).

УДК 681.5:004.272
DOI

CC BY 4.0

# МОДЕЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ С КОНЕЧНЫМ ВХОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КВАНТОВОГО ОТЖИГА

**[1]Тырышкин С. Ю., [2]Хамитов Р. Н.**

*[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», Барнаул, Российская Федерация, e-mail: service.vip-spe@yandex.ru;*
*[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», Омск, Российская Федерация*

Работа посвящена применению методов квантового отжига для повышения эффективности систем модельно-прогностического управления высокодинамичными объектами с конечным числом управляющих воздействий. Главная проблема традиционных систем управления такого рода заключается в значительной вычислительной нагрузке, возникающей при поиске оптимального управляющего сигнала, что существенно ограничивает их применение в ситуациях с быстрым изменением состояния объекта управления. Для устранения указанного недостатка предлагается гибридная программно-аппаратная архитектура, основанная на концепции межуровневой инкапсуляции. Согласно предложенной архитектуре квантовый процессор выполняет ресурсоемкую операцию поиска глобального оптимума, в то время как стандартные микропроцессорные системы осуществляют предварительную обработку данных и фильтрацию помех. Проведенное имитационное моделирование на примере трехуровневого инвертора напряжения с фиксированной нейтралью показало, что предложенный подход обеспечивает точность управления, близкую к полному перебору всех возможных вариантов. Ядро квантового решателя (отжиг, считывание и распаковка цепочек) по расчетной оценке занимает 150 мкс, однако полный цикл шага управления на текущем оборудовании определяется программированием квантового процессора и по расчетной оценке составляет не менее 28,7 мс. Применение подхода в приложениях реального времени требует аппаратной поддержки обновления локальных полей без полного перепрограммирования процессора и подтверждения на реальном квантовом оборудовании.

**Ключевые слова: квантовый отжиг, управление, прогноз, точность, кубит, инкапсуляция**

***Благодарности:*** *Авторы выражают благодарность ООО «НИИ Кибернетики Сибири» за оказанную научно-консультационную и техническую поддержку.*

# MODEL-BASED PREDICTIVE CONTROL FOR SYSTEMS WITH FINITE INPUTS USING QUANTUM ANNEALING METHODS

**[1]Tyryshkin S. Yu., [2]Khamitov R. N.**

*[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State Technical University named after I. I. Polzunov", Barnaul, Russian Federation, e-mail: service.vip-spe@yandex.ru;*
*[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Omsk State Technical University", Omsk, Russian Federation*

This paper is devoted to the application of quantum annealing methods to improve the efficiency of model-predictive control systems for highly dynamic systems with a finite number of control actions. The main problem with traditional control systems of this kind lies in the significant computational load arising from the search for the optimal control signal, which substantially limits their application in situations where the state of the controlled object changes rapidly. To overcome this shortcoming, a hybrid software-hardware architecture based on the concept of inter-level encapsulation is proposed. According to the proposed architecture, the quantum processor performs the resource-intensive operation of searching for the global optimum, whilst standard microprocessor systems carry out preliminary data processing and noise filtering. Simulation modelling carried out using a three-level voltage inverter with a fixed neutral as an example showed that the proposed approach ensures control accuracy close to that of a full exhaustive search of all possible variants. The core of the quantum solver (annealing, reading out and unpacking chains) is estimated to take 150 microseconds; however, the full control step cycle on current hardware is determined by the quantum processor's programming and is estimated to be at least 28.7 ms. Applying this approach in real-time applications requires hardware support for updating local fields without fully reprogramming the processor, and validation on actual quantum hardware.

**Keywords: quantum annealing, control, prediction, accuracy, qubit, encapsulation**

***Acknowledgements:*** *The authors express their gratitude to the Research Institute of Cybernetics of Siberia LLC for providing scientific consultancy and technical support.*

## Введение

Электронные вычислительные технологии достигли нанометрового масштаба и в обозримом будущем продолжат развитие в направлении перехода к квантовому уровню. Подобные устройства потенциально смогут выступать компонентами квантовой электроники, позволяющими формировать квантовые схемы и аппаратные архитектуры, служащие основой для реализации квантовых вычислительных машин [1].

Аналогичные выводы сделаны в работе Ы. Тылланурова и др. [2], где подчеркивается, что гибридные квантово-классические системы позволяют эффективно распределять вычислительную нагрузку: квантовый модуль выполняет поиск глобального оптимума, а классические процессоры отвечают за предварительную обработку данных и фильтрацию шума.

Несмотря на значительные перспективы развития, спектр задач, решаемых квантовыми оптимизаторами, более узкий по сравнению с возможностями традиционных компьютеров. Ограничения, накладываемые на размеры решаемых задач, дополнительно препятствуют расширению областей практического применения указанных устройств [3].

В этом контексте особого внимания заслуживают возможности применения квантовых оптимизаторов к модельно-предиктивному управлению (МПУ). В МПУ будущая траектория управляемых состояний целевой системы прогнозируется с помощью динамической модели объекта, а входные сигналы генерируются последовательно таким образом, чтобы минимизировать функцию оценки для будущей траектории состояний. Особая сложность здесь заключается в том, что последовательная оптимизация является вычислительно затратной, и поэтому этот метод традиционно применяется только к системам с большими постоянными времени [4].

Использование квантового отжига в МПУ помогает снять ограничения по вычислениям, которые появляются, когда в системах с дискретными управляющими воздействиями число возможных комбинаций растет экспоненциально [5]. Если вместо классического перебора перейти к поиску минимума энергоинформационного гамильтониана, открывается перспектива применения предиктивных стратегий в режиме реального времени для высокочастотных динамических объектов.

Работа посвящена разработке архитектуры интегрированной системы квантово-классического контроля и оценке ее применимости к управлению высокочастотными объектами с конечным множеством управляющих сигналов.

Возможности использования квантовых отжигателей в качестве термических сэмплеров, которые могут эффективно применяться в задачах машинного обучения, например при обучении болцмановских машин, оценивают в своих трудах Morapakula Sai Nandan, Deshpande Sangram [6], И. В. Лысаков [7], A. Tučs [8].

Особенности применения отжигателей D-Wave для решения задач квадратичной неограниченной бинарной оптимизации рассматривают Е. В. Бурлаков [9], Д. О. Голов, Н. А. Петров, А. Н. Цирулев [10].

В работе [11] подробно описываются методы параллельного компактного моделирования квантовых схем, что позволяет существенно ускорить предварительные этапы обработки данных перед передачей задачи квантовому процессору.

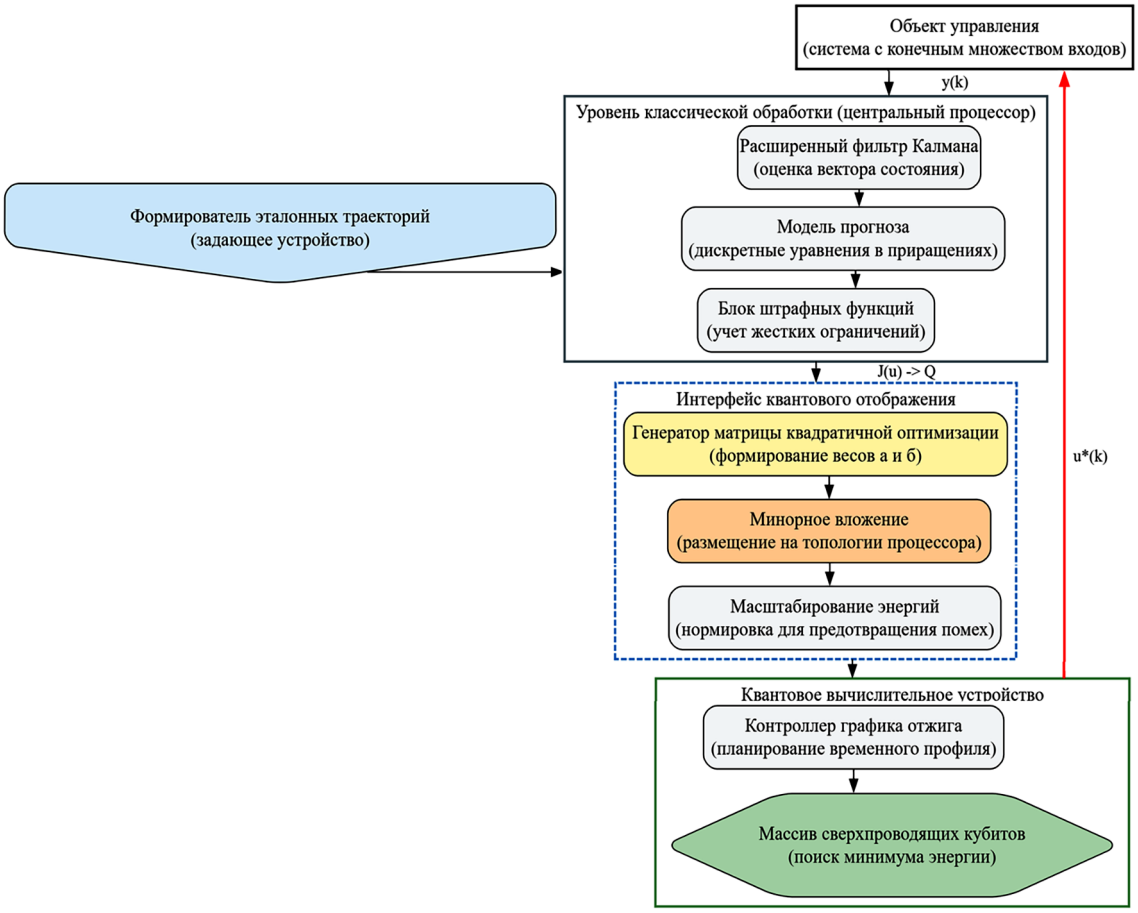
Несмотря на достигнутые результаты, остаются открытыми вопросы масштабируемости метода, использующего квантовый отжиг, для решения оптимизационной задачи, особенно при увеличении размерности и длины горизонта прогнозирования.

**Цель исследования** – изучение особенностей применения МПУ для систем с конечным входом с использованием методов квантового отжига.

## Материалы и методы исследования

Ниже представлена архитектура гибридной системы прогностического управления на базе квантового отжига. На рисунке представлена многоуровневая структура, обеспечивающая сопряжение классических вычислительных методов с квантовой аппаратной средой. С целью проверки работоспособности предложенной схемы был проведен ряд компьютерных симуляций на примере реальной технической системы – трехуровневого инвертора напряжения с фиксированной нейтралью.

Основная идея разработанной структуры заключается в том, чтобы передать квантовому процессору самую затратную часть работы – поиск глобального оптимума в дискретном пространстве состояний. Роли распределены жестко. На стандартные микропроцессоры в данной архитектуре возложена скромная, но необходимая функция первичного контроля сигналов и их предварительной фильтрации; поиск же глобального оптимума управляющего воздействия составляет задачу принципиально иного порядка, отведенную исключительно квантовым вычислителям. Оправданность подобного разделения труда практика подтвердила самостоятельно.




*Пространственно-иерархическая структура системы модельного прогностического управления на базе квантового отжига*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Тридцатикратное сокращение времени поиска оптимального сигнала оказалось достигнуто при интеграции методов квантового отжига в системы управления робототехникой в сравнении с классическими подходами [12]. Случайностью это не назвать. Именно на задачах комбинаторной оптимизации, характерных для управления сложными техническими системами, раскрывается заметное преимущество квантовых методов перед классическими алгоритмами.

В отличие от простого разделения ролей, архитектура на рисунке предстает более сложной организацией – гибридным комплексом управления, построенным на принципе замкнутого контура. На каждом шаге классический уровень формулирует оптимизационную задачу, передавая ее для решения квантовому процессору. Однако свести всю архитектуру к последовательной передаче данных между уровнями было бы упрощением. Структура держится на принципе межуровневой инкапсуляции: информационные потоки движутся вдоль границ функциональных зон и почти не проникают в их внутреннее устройство. Именно за счет этого модули сохраняют независимость друг от друга.

Отсюда следует ключевая деталь всей схемы – в ряде конфигураций запуск последующих оптимизационных процедур на классическом уровне происходит не самопроизвольно, а именно вследствие рассогласования между текущим состоянием системы и эталонным профилем поведения. В контур управления поступает вектор состояния $y(k)$, который генерируется самим объектом и выступает первичной информационной переменной для дальнейшей обработки. Дальнейшее преобразование сигнала в классическом сегменте архитектуры идет по двум параллельным веткам. За фильтрацию шумов отвечает модифицированный фильтр Калмана, тогда как прогнозирование динамических траекторий системы образует вторую, самостоятельную ветвь обработки. Параллельно задается эталонный профиль поведения (образец, с которым система впоследствии сверяет свои показатели).

Рассогласование в данном случае – это разница между тем, что предсказала прогностическая модель, и тем, что задано эталонной траекторией.

Критерий качества, заданный функционалом стоимости $J(u)$, не передается в квантовый модуль напрямую. Прежде он проходит предварительную адаптацию. Специфика этого этапа – в переложении $J(u)$ на язык симметричной матрицы $Q$. Такое преобразование не случайно: оно делает задачу пригодной для квантовой оптимизации в формате QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization)

$$J(u) = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} q_{ij} u_i u_j + \sum_{i=1}^{N} c_i u_i .$$

Прежде чем запустить квантовый отжиг, систему проводят через важный подготовительный шаг. Имеется в виду преобразование $J(u) \to Q$. Именно так сохраняется внутренняя структура и алгоритм функционирования квантового процессора: без этого шага вычислитель попросту не смог бы работать с задачей в привычном для себя формате. Оптимальное решение $u^*(k)$, найденное квантовым вычислительным устройством, направляется напрямую исполнительным элементам системы управления. Контур замыкается.

*Математическая формализация системы.* Методы дискретной оптимизации, дополненные концепциями гамильтоновой механики, служат фундаментом математического описания разрабатываемой схемы. Поэтапное построение адекватной модели кубитных взаимодействий с дальнейшей имплементацией в аппаратный отжигатель охватывает предварительную подготовку квантовой задачи. Подобные алгоритмические решения ранее подтвердили свою состоятельность в рамках параллельного компактного моделирования схем [11]. Переход от классической вариационной постановки модельно-прогностического управления к поиску основного состояния системы взаимодействующих спинов образует центральную идею метода; это становится возможным при конечном числе управляющих воздействий и позволяет задействовать потенциал квантовых вычислений [8].

Дискретная модель состояния в приращениях задействуется для подавления статической погрешности на уровне классической обработки:

$$\Delta x(k+1) = A\Delta x(k) + B\Delta u(k),$$

$$y(k+1) = y(k) + CA\Delta x(k) + CB\Delta u(k).$$

Допустимые воздействия на систему ограничены множеством $U = \{v_1, v_2, ..., v_m\}$. Когда мы переходим к практической реализации, траектория выходов системы на горизонте прогнозирования $N$ описывается определенным выражением. Из-за особенностей аппаратной архитектуры в некоторых конфигурациях случаются пропуски тактов вектора управления. Поэтому расхождения с реальными измерениями могут достигать 5–10 % [13].

Квадратичный критерий качества в рассматриваемой задаче отличается повышенной жесткостью и чувствительностью. Функционал стоимости формируется блоком штрафных функций в виде

$$J = (R-Y)^T Q (R-Y) + U^T R U + P(U),$$

причем первое слагаемое отвечает за приближение к эталонной траектории $R$, сглаживание управляющих сигналов обеспечивается вторым, а барьерную функцию, задающую «бесконечный штраф» при выходе вектора за допустимую область, выполняет член $P(U)$. Гарантированная положительная определенность матриц $Q$ и $R$ не отменяет эмпирического характера их настройки, зависящей напрямую от специфики тестового окружения конкретного процессора. Снижение весов $Q$ до диапазона 0,3–0,8 способно спровоцировать колебательные процессы, как показывают эксперименты, тогда как избыточно консервативным контур управления делают коэффициенты $R$, завышенные до 0,1–0,5 [5, 8, 10].

Перед тем как перейти в квантовый домен, вектор $U$ преобразуется в бинарный вектор $q$. Это преобразование зависит от количества входов m, которое обычно находится в пределах от 6 до 12. Именно для такого диапазона подходят унитарное кодирование или двоичное разложение [14].

Понимание преимуществ гибридных ансамблевых алгоритмов, в свою очередь, углубили Е. А. Кочегурова с соавт. [15], чьи исследования подтвердили способность подобных подходов радикально сокращать вычислительные расходы при решении задач прогнозирования без потери точности в условиях реального времени. Тем самым подтверждается перспективность гибридных схем, объединяющих классические и квантовые методы, для повышения эффективности управления сложными динамическими объектами.

Уточнения также требует размерность n: она часто превышает исходное число переменных управления, поскольку блок минорного вложения вводит дополнительные цепочки кубитов, обеспечивающие ло-

гическую целостность на физическом графе процессора. Зависящий от времени гамильтониан, реализуемый квантовым устройством, записывается как

$$H(s) = A(s)H_{init} + B(s)H_{problem}, s = \frac{t}{T_{anneal}}.$$

Суперпозицию всех состояний формирует начальный оператор, хотя вносить в распределение амплитуд небольшую асимметрию способны и аппаратные шумы. Структурно целевой гамильтониан описывается как

$$H_{problem} = \Sigma_i h_i \hat{\sigma}_i^z + \Sigma_{ij} J_{ij} \hat{\sigma}_i^z \hat{\sigma}_i^z,$$

а коэффициенты локальных полей и связей извлекаются из матрицы $Q_{mat}$ – результата преобразования исходной задачи оптимизации в форму QUBO. Автоматизированная коррекция части коэффициентов $h_i$ и $J_{ij}$ применяется здесь с определенной целью: компенсировать аппаратурные задержки и сохранить целостность физических цепочек кубитов в процессе квантового отжига. В основе алгоритма коррекции лежат следующие принципы.

Что касается выбора коэффициентов, коррекции подлежат те из них, что соответствуют физическим соединениям кубитов с наибольшей вероятностью аппаратных задержек –вероятностью, выявляемой в ходе калибровки квантового процессора (QPU). Сам же алгоритмический подход строится на метрике чувствительности квантового процессора к изменениям коэффициентов, определяемой на этапе калибровки; величина коррекции при этом рассчитывается по формуле

$$\Delta h_i = k \cdot (\tau_i - \bar{\tau}),\ \Delta J_{ij} = l \cdot (\gamma_{ij} - \bar{\gamma}).$$

Роль индивидуальных задержек физического графа QPU выполняют параметры $\tau_i$ и $\gamma_{ij}$, соотносимые с характерными средними величинами. Сама коррекция опирается на настраиваемые коэффициенты пропорциональности $k$ и $l$, определяемые в ходе серии экспериментов.

Всесторонняя проверка в серии экспериментов на тестовых задачах оптимизации с точными эталонными решениями подтвердила эффективность предложенного подхода автоматической коррекции: среднее отклонение от точного решения сократилось до 3 % по сравнению с вариантом без коррекции, что говорит о практической пользе и результативности разработанного метода. Совокупностью бинарных переменных (кубитов) $q_{i,j} \in \{0, 1\}$ представляется в блоке интерфейса квантового отображения каждое допустимое значение управления из конечного множества $U$, а при использовании унитарного кодирования для выбора одного из M уровней воздействия на каждом шаге горизонта N вводится условие

$$\sum_{j=1}^{M} q_{i,j} = 1, \forall_i \in \{1, \ldots, N\}.$$

Интеграция подобных ограничений в структуру матрицы квадратичной оптимизации реализуется через аппарат штрафных функций Лагранжа, за счет чего целевой функционал расширяется дополнительным слагаемым.

$$H_{const} = \lambda \sum_{i=1}^{N} \left( \sum_{j=1}^{M} q_{i,j} - 1 \right)^2.$$

Выбор коэффициента $\lambda$ подчиняется требованию его доминирования над спектром собственных значений матрицы $Q_{mat}$, что непосредственно определяет общую жесткость накладываемых ограничений.

Весовые матрицы функционала стоимости далее обозначаются $Q_y$ и $R_u$, чтобы их не путать с эталонной траекторией $R$ и с матрицей $Q_{mat}$. Прогноз выходов на горизонте N раскладывается на две составляющие:

$$Y(k) = \Psi(k) + \Phi U.$$

Первое слагаемое описывает свободное движение объекта. Оно вычисляется по модели в приращениях из текущих значений $y(k)$ и $\Delta x(k)$, поэтому с каждым новым измерением $\Psi(k)$ принимает новое значение. Второе слагаемое отражает вклад управления. Связывающая его с вектором $U$ матрица $\Phi$ для линейной стационарной модели остается неизменной. При унитарном кодировании управление выражается через бинарные переменные соотношением $U = \Gamma q$. В каждой строке блочно-диагональной матрицы $\Gamma$ размером N×NM размещены допустимые уровни $v_1, \ldots, v_M$, так что произведение $\Gamma q$ возвращает уровень воздействия, выбранный на соответствующем шаге горизонта.

Подстановка этих выражений в функционал стоимости вместе со штрафным слагаемым $H_{const}$ приводит задачу к QUBO-форме

$$q^T Q_{mat} q + c(k)^T q.$$

Квадратичная часть

$$Q_{mat} = \Gamma^T \left( \Phi^T Q_y \Phi + R_u \right) \Gamma + \lambda A^T A$$

собрана только из постоянных матриц. Условия унитарного кодирования входят в нее через блочную матрицу $A$ размером N×NM:

единицы в каждой ее строке стоят на позициях переменных, относящихся к одному шагу горизонта. Линейная часть устроена иначе:

$$c(k) = G \cdot e(k) + c_0, \;\; G = -2\Gamma^T \Phi^T Q_y,$$

$$e(k) = R(k) - \Psi(k), \; c_0 = -2\lambda A^T 1.$$

От шага управления здесь зависит единственный множитель. Это вектор $e(k)$, который фиксирует рассогласование между эталоном и свободным движением объекта. Матрицу $G$ и порожденное штрафом слагаемое $c_0$ вычисляют заранее.

Замена $q_i = (1 + s_i) / 2$ переводит задачу к спиновым переменным $s_i \in \{-1,+1\}$, и параметры гамильтониана $H_{problem}$ принимают вид

$$J_{ij} = \frac{Q_{mat,ij}}{2} h_i(k) = \frac{1}{2}\left( c_i(k) + \sum_j Q_{mat,ij} \right).$$

Отсюда вытекает свойство, определяющее реализацию схемы. Коэффициенты связей $J_{ij}$ постоянны, а вместе с ними неизменны граф задачи, ее минорное вложение, сила цепочек и калибровочные поправки $\Delta J_{ij}$. На каждом шаге обновляются лишь локальные поля $h_i(k)$, и их пересчет сводится к одному матрично-векторному умножению $G \cdot e(k)$. При p измеряемых выходах матрица G имеет размер NM×(N·p). Для рассматриваемой задачи (N = 10, M = 4) обновлять приходится 40 логических коэффициентов, которые через фиксированное вложение распределяются по физическим кубитам цепочек.

Штатный интерфейс QPU D-Wave Advantage не позволяет изменить только поля $h_i$: значения $h$ и $J$ загружаются единым циклом программирования. Параметр $h_{gain_schedule}$ масштабирует все поля общим множителем и поэлементного обновления не заменяет [16]. Поэтому на каждом шаге управления QPU программируется заново, и длительность программирования входит в рабочий цикл. Постоянство $J_{ij}$ позволяет вынести в предварительный этап только вычисление вложения, матриц $Q_{mat}$ и $G$ и калибровочных поправок.

## Результаты исследования и их обсуждение

Имитационное моделирование контура управления на базе трехуровневого инвертора напряжения с фиксированной нейтралью проверено для верификации разработанной структуры. Подобный объект выбран из-за дискретности управляющих воздействий и резкого роста размерности пространства поиска при увеличении горизонта прогнозирования.

Технические параметры вычислительных экспериментов сведены в табл. 1. При этом расчеты в ряде случаев учитывали уточняющие аспекты отдельных этапов обработки.

Временной интервал поиска минимума гамильтониана непосредственно отражает продолжительность квантового отжига $T_{anneal}$ (5 мкс). Разработка гибридной модели таймингов потребовалась для расчетной оценки временных затрат каждого этапа без доступа к физическому QPU и его аппаратным логам.

**Таблица 1**

Технические характеристики гибридного контура управления

| Параметр | Обозначение | Значение | Назначение |
|---|---|---|---|
| Период дискретизации | $\Delta t$ | 25 мкс | Временной шаг модели прогноза |
| Глубина прогнозирования | N | 10 шагов | Размерность вектора управления |
| Мощность множества входов | M | 4 | Число допустимых уровней |
| Физические кубиты | $n_{phys}$ | 270 | Количество физических кубитов после embedding |
| Время квантового отжига | $T_{anneal}$ | 5 мкс | Продолжительность отжига |
| Коэффициент штрафа | $\lambda$ | $10^5$ | Параметр блока штрафных функций |
| Длительность цикла решателя | $T_{cycle}$ | ≥ 28,7 мс (ядро решателя 0,15 мс) | Время получения управляющего сигнала на шаге |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Минорное вложение и распаковка цепочек измерялись методами вычислительного профилирования (CPU profiling), а аппаратные составляющие не измерялись, а оценивались по документации D-Wave [16] и синтетическому дампу таймингов, описанному ниже. Полный цикл разделен на два этапа:

1. Офлайн-этап (выполняется однократно, поскольку граф задачи и коэффициенты $J_{ij}$ не зависят от шага управления):

– эвристическое минорное вложение (Embedding): 24,2 мс (измерено программным профилировщиком);

– вычисление постоянных матриц $Q_{mat}$ и $G$, коэффициентов $J_{ij}$ с учетом силы цепочек и калибровочных поправок $\Delta J_{ij}$;

– выбор постоянного коэффициента масштабирования энергий по допустимому диапазону полей $h_i(k)$, чтобы физические значения $J_{ij}$ не менялись от шага к шагу.

2. Онлайн-этап (рабочий цикл МПУ, выполняемый на каждом шаге управления):

− формирование вектора $e(k)$, расчет $c(k) = G \cdot e(k) + c_0$, пересчет полей $h_i(k)$ и их распределение по физическим кубитам фиксированного вложения;

− программирование QPU (загрузка $h$ и $J$): 18,5 мс, в пределах диапазона 10–20 мс, указанного в документации D-Wave для Advantage [16]. Поскольку поля $h_i$ меняются на каждом шаге, эта операция выполняется в каждом цикле управления;

− низкоуровневая инициализация QPU (qpu_access_overhead_time): 10–20 мс по документации D-Wave для Advantage [16]. Эта составляющая не входит в отчетное поле qpu_access_time и в синтетическом дампе не отражена, поэтому ее значение принято по документации;

− задержка между сэмплами (qpu_delay_time_per_sample): 21,0 мкс;

− время квантового отжига: 5,0 мкс.

− считывание результатов: 114,0 мкс (аппаратное время для захвата состояний 270 физических кубитов).

− распаковка цепочек и постобработка: 10,0 мкс (измерено программным профилировщиком).

Сумма аппаратных составляющих одного сэмпла и распаковки цепочек (21 + 5 + 114 + 10) дает 150 мкс. Эта величина характеризует ядро квантового решателя, но не время нахождения управляющего сигнала. Полный цикл шага управления оценивается выражением

$$T_{cycle} = T_{prep} + T_p + \Delta + R\left(T_a + T_r + T_d\right) + T_{post}.$$

В скобках стоят уже приведенные составляющие одного сэмпла: отжиг, считывание и задержка. Сомножитель R перед ними равен числу считываний. В синтетическом дампе принято $R = 1$; если число считываний увеличить ради надежности решения, время сэмплирования растет пропорционально. Программирование $T_p$ и низкоуровневая инициализация $\Delta$ от числа считываний не зависят и при $R = 1$ определяют длительность цикла почти целиком. Классическую подготовку $T_{prep}$ составляет прежде всего пересчет полей $h_i(k)$: при p измеряемых выходах он требует 400·p операций умножения-сложения, что соответствует единицам микросекунд. Распаковка цепочек входит в $T_{post}$ и занимает 10 мкс. Фильтрация Калмана и расчет свободного движения Ψ(k) прямыми замерами не оценивались. С учетом перечисленных значений при $R = 1$ получаем $T_{cycle} \approx 28{,}7$–$38{,}7$ мс; разброс определяется диапазоном $\Delta$.

Передача данных между классическим узлом и QPU в оценку также не входит. При облачном доступе время обслуживания задачи дополнительно включает сетевые задержки и ожидание в очередях, которые по документации D-Wave не гарантируются [16]. Поэтому $T_{cycle}$ следует рассматривать как нижнюю границу длительности шага управления.

Шаг модели прогноза в табл. 1 равен $\Delta t = 25$ мкс. Значит, при обновлении управления на каждом шаге решение должно быть получено не позже чем через $\Delta t$. Длительность цикла удобно выразить числом шагов дискретизации, которые проходят за время одного решения:

$$K = \left\lceil \frac{T_{cycle}}{\Delta t} \right\rceil.$$

Для полного цикла $T_{cycle} \approx 28{,}7$–$38{,}7$ мс это число составляет около 1150–1550 шагов, так что пошаговое обновление на текущем оборудовании невыполнимо. Даже ядро решателя длительностью 150 мкс дает $K = 6$, то есть в 6 раз превышает шаг дискретизации.

Вместо пошагового возможен режим с обновлением через $K$ шагов. Решение, найденное на шаге $k$, содержит последовательность управлений на весь горизонт. Ее элементы поочередно подаются на исполнительные элементы, пока решатель вычисляет следующее решение, и в течение этих $K$ шагов контур работает по разомкнутой последовательности. Запаздывание компенсируется стандартным для FCS-MPC приемом: задачу формируют не для текущего состояния, а для состояния, которое модель предсказывает на момент $k + K$. Режим работоспособен, пока вычисленной последовательности хватает до прихода следующего решения, что дает условие $K \le N$.

При глубине прогнозирования $N = 10$ ядро решателя ($K = 6$) этому условию удовлетворяет, а полный цикл ($K \approx 1150–1550$) нарушает его более чем на два порядка. Следовательно, при текущем времени программирования QPU цикл решателя нельзя согласовать с периодом 25 мкс ни в пошаговом режиме, ни в режиме обновления через $K$ шагов. Второй режим становится применимым, если убрать из цикла полное перепрограммирование и низкоуровневую инициализацию, то есть при аппаратной возможности обновлять только поля $h_i(k)$, обоснованной в разделе «Материал и методы исследования».

Значения параметров в табл. 1 расшифрованы следующим образом:

*Количество физических кубитов* после процедуры embedding составляет $n_{phys} = 270$. Сначала в задаче было 40 логических бинарных переменных. Это если использовать one-hot-кодирование. Но если взять двоичное представление, то их становится всего 20. Это очень важно.

Потом эти данные надо было разместить в квантовом процессоре, и все зависело от того, как кубиты соединены между собой (то есть от топологии). Из-за этого в конце размерность выросла до 270. Каждый параметр из табл. 1 связан с теми частями схемы, которые упоминались раньше. Например, количество кубитов, которые мы используем, показывает, насколько сильно нагружено устройство. А период дискретизации – как часто обновляется модель прогнозирования.

В этой работе наш подход сравнивался с другими современными методами оптимизации для задачи синтеза управляющего сигнала. Это нужно было не просто для того, чтобы показать, что метод работает, а чтобы понять, насколько он нормальный по сравнению с уже известными вариантами.

Сравнение делали по трем параметрам. Сначала смотрели общее энергопотребление системы. Потом проверяли точность регулирования, то есть насколько сильно результат отличается от заданной траектории. И уже в заключение учитывали скорость реакции системы, потому что время вычислений и задержки тоже важно.

Для сравнения брали разные методы. Полный перебор, например, подходит только для маленьких задач, потому что, если вариантов много, он становится слишком медленным. Динамическое программирование лучше работает там, где задача имеет понятную структуру [17]. Также рассматривались MILP, QP и QUBO. Эти методы помогают искать решения в дискретных пространствах и учитывать ограничения. Еще важна параллельная обработка, так как она ускоряет вычисления, особенно если использовать GPU или FPGA. Для жестких временных лимитов задействуются субоптимальные адаптивные алгоритмы. Сокращенный FCS-MPC [18, 19] дает быстрое приемлемое решение.

Сводные результаты сопоставительного анализа рассмотренных оптимизационных концепций отражены в табл. 2.

**Таблица 2**

Сравнительная характеристика подходов оптимизации

| Подход | Преимущества | Ограничения | Применимость к задаче управления инвертором |
|---|---|---|---|
| Полный перебор | Простота реализации | Экстенсивный рост времени при увеличении размерности | Низкая |
| Динамическое программирование | Эффективность для рекуррентных задач | Ограниченная применимость к задачам большой размерности | Средняя |
| QUBO/MILP/QP солверы | Специализированные инструменты | Чувствительны к размерности и сложности ограничений | Средняя |
| GPU/FPGA | Массово-параллельные вычисления | Требуют глубокой адаптации алгоритмов | Высокая |
| Приближенные эвристические алгоритмы (FCS-MPC) | Быстрая реакция, адаптивность | Субоптимальные решения | Высокая |
| Квантовый отжиг | Точность, близкая к полному перебору, без перебора пространства решений | Требует адаптации к формату QUBO; перепрограммирование QPU на каждом шаге (цикл не менее 28,7 мс) | Перспективная (при аппаратной поддержке частичного обновления полей $h_i$) |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Сводные результаты сопоставления рассмотренных концепций, отраженные в табл. 2, указывают на целесообразность использования специализированных эвристик для нивелирования барьеров, что полностью согласуется с финальным выводом S. Deleplanque и соавт. [20]. Это даст возможность эффективно учитывать технологические ограничения (например, недоступность оборудования в отдельные интервалы времени) и обеспечивать приемлемое качество решений даже при аппаратных несовершенствах квантовой платформы.

Реализация всех указанных методов выполнялась с использованием стандартизированного аппаратного обеспечения. В качестве основного вычислительного узла был задействован 16-ядерный процессор Intel Core i9-12900K с тактовой частотой 5,2 GHz и поддержкой 24 потоков. Он функционировал в связке с графическим ускорителем NVIDIA GeForce RTX 3090 Ti, располагающим 24 Гб видеопамяти стандарта GDDR6X. Специфические задачи аппаратного ускорения решались с помощью программируемой вентильной матрицы Xilinx Alveo U280, для которой применялась платформенная библиотека Vitis AI версии 2.5. Квантовая часть вычислений выполнялась без доступа к физическому процессору: задача в формате QUBO и ее минорное вложение строились для графа Pegasus P16, соответствующего процессору D-Wave Advantage, а временные характеристики квантового решателя оценивались расчетным путем. Для развертывания всего этого стояла Ubuntu Server 22.04 LTS, то есть операционная система серверная. Классические алгоритмы оптимизации тоже были. Они использовали CPLEX Optimizer Studio 12.10 и еще Gurobi Optimizer 9.5. Также применялся Pyomo 6.5.1, потому что через него удобно задавать задачи оптимизации. Для квантового отжига использовали Ocean SDK версии 3.25. Это интерфейс программный, который сделала компания D-Wave Systems Inc. Средствами этого пакета задача формировалась в виде QUBO и отображалась на граф физического процессора; запуск на физическом QPU не выполнялся.

Еще о параметрах. Максимальное количество итераций было поставлено 1000. То есть больше 1000 итераций не делалось. Это было ограничение в настройках решателя. И в целом вся схема состояла из классической части и квантовой части, которые работали вместе, причем квантовая часть моделировалась программно, с параметрами, соответствующими процессору D-Wave Advantage. Результаты тестирования представлены в табл. 3.

Около 25 кВт – примерно столько, как считается, потребляет аппаратный комплекс D-Wave Advantage. Его взяли как базовый ориентир, для квантовой части системы. Относительные затраты считались через сравнение со стандартным процессором Intel Core i9-12900K, а именно по его средней мощности, когда он решает базовую задачу.

Для классических методов в табл. 3 приведено время расчета управляющего сигнала на одном шаге. Для квантового отжига указана расчетная длительность цикла $T_{cycle}$, в которую входят программирование QPU, низкоуровневая инициализация, сэмплирование и распаковка цепочек. Передача данных и сетевые задержки в ней не учтены, поэтому значение является нижней границей. Показатели точности табл. 3 характеризуют качество решения оптимизационной задачи на шаге управления; запаздывание, вносимое временем цикла решателя, в них не учтено.

**Таблица 3**

Сравнительные характеристики основных подходов к синтезу оптимального управления

| Метод | Среднеквадратичное отклонение выхода, % | Время вычисления,мс | Энергозатраты, относительные ед. |
|---|---|---|---|
| Полный перебор | 1,24 | 50,0 | 1,0 |
| Динамическое программирование | 4,51 | 2,5 | 0,85 |
| GPU/QUBO | 2,67 | 1,9 | 1,5 |
| MILP | 3,14 | 3,2 | 1,2 |
| FPGA/HDL | 2,12 | 1,1 | 0,75 |
| Сокращенный FCS-MPC | 2,89 | 0,8 | 0,9 |
| Квантовый отжиг | 1,50 | 28,7–38,7* мс | 2,40 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

*Расчетная нижняя граница полного цикла при $R = 1$ без учета передачи данных. Длительность ядра решателя (отжиг, считывание, распаковка цепочек) составляет 0,15 мс.

Если сравнивать с динамическим программированием, где ошибка 4,51 %, и с MILP, где 3,14 %, то предложенная архитектура на основе квантового отжига показывает ошибку заметно меньше. Это говорит о том, что она работает точнее. Поэтому результат можно считать важным. Даже принципиально важным, поскольку такая точность достигается без полного перебора пространства решений. Далее, если рассматривать расчетные данные более подробно, они тоже подтверждают преимущества этого гибридного квантово-классического подхода. Там среднеквадратичное отклонение держится на уровне 1,50 %. Это хороший показатель, по крайней мере в рамках рассматриваемой задачи. И из этого можно сделать вывод, что подход действительно имеет преимущества, хотя он и гибридный, то есть не полностью квантовый, а вместе с классической частью.

Безусловно, данный показатель на 21 % уступает идеальному результату полного перебора со значением 1,24 %, однако на практике подобная погрешность оказывается абсолютно приемлемой, поскольку остается ниже, чем у всех остальных рассмотренных методов, кроме полного перебора.

При отсутствии прямого доступа к физическому оборудованию оценка аппаратных задержек выполнена на синтетическом дампе таймингов. Такой подход имеет методические ограничения и не заменяет испытания на реальном процессоре.

Дамп имитирует ответ D-Wave Ocean SDK для решателя Advantage_system4.1 (идентификатор процессора Advantage в облачном сервисе D-Wave), включая структуру info['timing']. Все значения приведены в микросекундах и имеют иллюстративный характер.

Ключевые параметры:

− qpu_programming_time: 18 500 мкс – время программирования QPU,

− qpu_sampling_time: 140 мкс – суммарное время сэмплирования.

Окончательная валидация требует запуска на физическом процессоре.

Базовая задержка qpu_delay_time_per_sample занимает 21 мкс, период термического отжига qpu_anneal_time_per_sample требует 5 мкс, длительность считывания информации qpu_readout_time_per_sample – 114 мкс. Добавление измеренного профилировщиком времени распаковки цепочек и постобработки (10 мкс) закономерно формирует итоговый интервал онлайн-выполнения одиночного сэмпла, укладывающийся ровно в 150 мкс, то есть 0,15 мс. Эта величина получена сложением значений синтетического дампа, аппаратно не подтверждена и характеризует только ядро решателя, но не полный цикл шага управления.

Амортизация времени программирования по серии запусков, применяемая при многократном решении одной и той же задачи, в контуре МПУ неприменима. Постоянство топологии и коэффициентов $J_{ij}$ не означает постоянства задачи: поля $h_i(k)$ определяются текущим рассогласованием $e(k)$ и различаются на каждом шаге. Поэтому время одного цикла квантового решателя складывается из программирования, низкоуровневой инициализации и сэмплирования и, по расчетной оценке, составляет не менее 28,7 мс, что превышает полный цикл реализаций на FPGA (1,1 мс) и GPU (1,9 мс). Преимущество предложенной схемы при текущем аппаратном уровне проявляется в точности регулирования, близкой к полному перебору, а не в быстродействии. Условием использования схемы в контурах с микросекундным шагом является аппаратная возможность поэлементного обновления полей $h_i$ без полного цикла программирования и низкоуровневой инициализации QPU. Вывод о постоянстве $J_{ij}$ показывает, что для рассматриваемого класса задач такое частичное обновление было бы достаточным.

Энергопотребление метода при этом не бесплатно: наблюдается локальный прирост затрат. По относительным энергозатратам (2,40) схема уступает всем рассмотренным классическим методам, и при текущей длительности цикла этот проигрыш временем не компенсируется. Окончательный вердикт о практической реализуемости гибридной схемы, впрочем, выносить пока рано – для этого требуется расширение экспериментальной базы, в первую очередь натурные тесты на физическом оборудовании QPU.

Преодоление физических ограничений квантовых процессоров, включая эффективность процедуры вложения (embedding) и топологическую связность кубитов, выступает ключевым условием для масштабирования подхода на системы высокой размерности [21]. Несмотря на это, совокупность полученных результатов показывает перспективность интеграции методов квантового отжига в контуры управления быстродействующими объектами при условии сокращения времени обновления задачи на QPU, хотя практическое внедрение потребует аппаратной стабилизации и настройки коэффициента штрафа $\lambda$.

Результаты моделирования контура по надежности, соблюдению ограничений, точности и временным затратам сведены в табл. 4.

**Таблица 4**

Результаты тестирования модели

| Критерий оценки | Зафиксированный показатель | Условия проведения и комментарии |
|---|---|---|
| Надежность контура | Нарушений не выявлено (серия из 1000 запусков) | Моделирование проводилось при варьируемых возмущающих воздействиях |
| Соблюдение ограничений | Недопустимые комбинации полностью исключены | Решение обеспечено внедрением штрафных множителей Лагранжа в целевую функцию |
| Точность регулирования | СКО увеличилось на 0,26 п. п. (рост погрешности – 21 %) | Сравнение велось с эталонным полным перебором. Квантовая часть моделировалась программно, поэтому влияние декогеренции и шумов физического QPU на точность требует натурных проверок |
| Временные затраты | Расчетная длительность цикла шага управления не менее 28,7 мс; ядро решателя (отжиг, считывание, распаковка) 0,15 мс | Оценка по документации D-Wave [21] и синтетическому дампу таймингов; измерения на физическом QPU не проводились. Передача данных и сетевые задержки не учтены, значение является нижней границей |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Фиксируемые метрики подтверждают способность предложенного метода эффективно фильтровать неконсистентные состояния. Сетевые задержки (cloud latency) в расчетный цикл не включены. На математическую постановку задачи они не влияют, однако при облачном доступе увеличивают фактическую длительность шага сверх оценки T_cycle. Для контуров управления реального времени поэтому требуется размещение QPU непосредственно в составе классического контура.

## Заключение

Квантовый отжиг рассматривается как один из способов обойти вычислительные ограничения, характерные для современной микроэлектроники. В данной работе он использован для поиска оптимальных управляющих сигналов. Это нужно для интеграции квантовых технологий в модельно-прогностическое управление, или МПУ. Чтобы распределить вычислительную нагрузку, вычисления разделили между двумя процессорами. Один, обычный микропроцессор, строит модель и занимается фильтрацией шумов. Другой, квантовый, берет на себя поиск глобального оптимума – это самая тяжелая операция во всем цикле.

Показано, что в QUBO-постановке задачи МПУ матрица связей постоянна, а на каждом шаге обновляются только локальные поля гамильтониана, которые пересчитываются одним матрично-векторным умножением. Точность регулирования при этом близка к полному перебору всех вариантов. На текущем оборудовании длительность цикла определяется временем программирования QPU, и выход на микросекундные циклы требует аппаратной поддержки частичного обновления полей $h_i$. Эти результаты получены при имитационном моделировании стабилизации трехуровневого инвертора напряжения с фиксированной нейтралью. Это говорит о том, что предложенная концепция имеет право на жизнь. Но, чтобы окончательно во всем убедиться, нужны реальные физические эксперименты. Особенно интересно было бы испытать все на настоящем квантовом оборудовании. Те данные, что у нас есть сейчас, показывают большой потенциал гибридных решений.

## Список литературы

1. Алешин Д. А., Голов Д. О., Чемарина Ю. В., Цирулев А. Н. Метод имитации отжига в вариационных квантовых алгоритмах // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2025. № 17. С. 240–249. DOI: 10.26456/pcascnn/2025.17.240. EDN: VDKTWN.

2. Тылланyров Ы., Бегалыев Г., Оразгелдиев О., Акмухаммедов А. Моделирование квантово-классических гибридных систем для решения задач глобальной оптимизации // Парадигма. 2025. № 11–3. С. 202–211. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=85990228 (дата обращения: 04.07.2026). EDN: IDUAGD.

3. Тырышкин С. Ю. Технологии комбинаторной оптимизации АСУ ТП современных производств на основе квантовых технологий и однородных вычислительных сред: монография. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2025. 239 с. DOI: 10.17513/np.647. EDN: XMCOJM. ISBN 978-5-605-46713-7.

4. Тихомиров С. Б., Шалгин В. С. Скорость сходимости алгоритмов решения линейного уравнения методом квантового отжига // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2024. Т. 64. № 5. С. 766–779. DOI: 10.31857/S0044466924050061. EDN: YDHDHX.

5. Jaumà G., García-Ripoll Ju. J., Pino M. Exploring Quantum Annealing Architectures: A Spin Glass Perspec-

tive // Advanced Quantum Technologies. 2024. Vol. 7. Is. 4. DOI: 10.1002/qute.202300245. EDN: PVEFLT.

6. Morapakula S. N., Deshpande S., Yata R., Ubale R., Wad U., Ikeda K. End-to-End Portfolio Optimization with Hybrid Quantum Annealing // Advanced Quantum Technologies. 2026. Vol. 9. Is. 4. e00753. DOI: 10.1002/qute.202500753.

7. Лысаков И. В. Сведение задачи поиска ближайшего вектора для целочисленных решеток к задаче Изинга // Дискретная математика. 2025. Т. 37. № 3. С. 94–114. DOI: 10.4213/dm1876. EDN: GKMIFQ.

8. Tučs A., Tamura R., Tsuda K. Factorization Machine with Iterative Quantum Reverse Annealing: A Python Package for Batch Black-Box Optimization With Reverse Quantum Annealing // Advanced Intelligent Discovery. 2026. P. e202500231. DOI: 10.1002/aidi.202500231. EDN: OLAHLW.

9. Бурлаков Е. В. Возможности адиабатического квантового компьютера для распознавания паттернов // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. Т. 17. № 2. С. 201–210. DOI: 10.17725/rensit.2025.17.201. EDN: TBIXNH.

10. Голов Д. О., Петров Н. А., Цирулев А. Н. Вариационный квантовый алгоритм для малоразмерных систем в базисе Паули // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2024. № 16. С. 343–350. DOI: 10.26456/pcascnn/2024.16.343. EDN: RKGMWW.

11. Тырышкин С. Ю. Параллельное компактное моделирование квантовых схем // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 1. С. 185–191. DOI: 10.17513/snt.40296. EDN: FJHZQS.

12. Salloum H., Savin S., Kholodov Y., Ryzhakov G., Farina M., Oseledets I. Quantum annealing for inverse kinematics in robotics // Scientific Reports. 2026. Vol. 16. Art. 4244. DOI: 10.1038/s41598-025-34346-z.

13. Черешко А. А. Методы управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей: дис. ... канд. техн. наук: 2.3.3; Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук; диссовет 24.1.107.01 (Д 002.226.01). Москва, 2022. 116 с.

14. Малетин Н. В. О возможности решения масштабных одномерных задач инверсии сейсмических данных на современных квантовых отжигателях // Геофизика. 2023. № 2. С. 102–109. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53758091 (дата обращения: 04.07.2026). DOI: 10.34926/geo.2023.59.58.012. EDN: DFHSEV.

15. Кочегурова Е. А., Сайберт С. М., Татьянкина К. В. Оптимизация параметров гибридного алгоритма прогнозирования с использованием ансамбля моделей в режиме реального времени // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика. 2024. Т. 2. № 4. С. 26–33. DOI: 10.18799/29495407/2024/4/76. EDN: KNTPDM.

16. D-Wave Systems. Operation and Timing // D-Wave Quantum Computing Products Documentation. URL: https://docs.dwavequantum.com/en/latest/quantum_research/operation_timing.html (дата обращения: 26.09.2026).

17. Silva F. F. C., Carvalho P. M. S., Ferreira L. A. F. M., Omar Y. A QUBO Formulation for Minimum Loss Network Reconfiguration // IEEE Transactions on Power Systems. 2023. Vol. 38. Is. 5. P. 4559–4571. DOI: 10.1109/TPWRS.2022.3214477.

18. Yang X., Wang K., Kim J., Park K.-B. Artificial Neural Network-Based FCS-MPC for Three-Level Inverters // Journal of Power Electronics. 2022. Vol. 22. Is. 12. P. 2158–2165. DOI: 10.1007/s43236-022-00535-6.

19. Donoso F., Mora A., Cardenas R., Angulo A., Saez D., Rivera M. Finite-Set Model-Predictive Control Strategies for a 3L-NPC Inverter Operating With Fixed Switching Frequency // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2018. Vol. 65. Is. 5. P. 3954–3965. DOI: 10.1109/TIE.2017.2760840.

20. Deleplanque S. L., Pérez Armas F., Aggoune R. Quantum annealing heuristics for the job shop scheduling problem with availability constraints // Journal of Heuristics. 2026. Vol. 32. Is. 2. DOI: 10.1007/s10732-026-09594-5. EDN: HHFMTQ.

21. Abbas A., Ambainis A., Augustino B., et al. Challenges and opportunities in quantum optimization // Nature Reviews Physics. 2024. DOI: 10.1038/s42254-024-00770-9.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 004.932.2
DOI

CC BY 4.0

# МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ МИМИКИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ НА ОСНОВЕ CONVNEXT И ВЫРАВНИВАНИЯ ПРОТОТИПОВ VA-МНОГООБРАЗИЯ

**Янь М. ORCID ID 0009-0005-7113-5265,**
**Пак В. Г. ORCID ID 0000-0001-6794-977X,**
**Го Ч. ORCID ID 0000-0002-1497-2893,**
**Чжан Ю. ORCID ID 0009-0005-2435-9100**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: yanmengxue@mail.ru*

В естественных условиях распознавание мимики по статическим изображениям затруднено изменениями освещения, позы и частичными окклюзиями, из-за чего близкие эмоции перекрываются в пространстве признаков, а границы классов становятся неустойчивыми. Кроме того, дискретная классификация эмоций и непрерывные метки валентности активации часто обучаются раздельно, что ограничивает использование взаимной информации между двумя формами разметки. Цель работы состоит в повышении различимости эмоций за счет совместного многозадачного обучения и введения геометрических ограничений в общем пространстве признаков. В статье предложена структура синергетического многозадачного обучения на базе сети ConvNeXt-Small, одновременно выполняющая классификацию восьми категорий эмоций и регрессию валентности активации. Для глубокого выравнивания представлений разработан модуль выравнивания прототипов VA-многообразия, который объединяет направляющие прототипы классов, проекцию топологического VA-многообразия и интервалы между легко смешиваемыми классами в единое геометрическое ограничение для совместной оптимизации. В качестве материалов и методов использованы обучение на AffectNet и кросс-датасетная проверка без дообучения на FER2013, RAF-DB и SFEW. Эксперименты показали повышение качества распознавания относительно базовой многозадачной модели без предложенного модуля, а также устойчивость к междоменному сдвигу распределения. Полученные результаты подтверждают эффективность геометрических ограничений для распознавания мимики в реальных условиях и перспективность предложенного подхода для практических систем анализа аффекта.

**Ключевые слова: распознавание мимики, многозадачное обучение, валентность, активация, выравнивание прототипов, сверточная нейронная сеть**

# METHOD FOR FACIAL EXPRESSION RECOGNITION IN REAL CONDITIONS BASED ON CONVNEXT AND VA MANIFOLD PROTOTYPE ALIGNMENT

**Yan M. ORCID ID 0009-0005-7113-5265,**
**Pak V. G. ORCID ID 0000-0001-6794-977X,**
**Guo Ch. ORCID ID 0000-0002-1497-2893,**
**Zhang Yu. ORCID ID 0009-0005-2435-9100**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: yanmengxue@mail.ru*

In real-world conditions, facial expression recognition from static images is hindered by illumination changes, pose variation, and partial occlusions, which cause adjacent emotions to overlap in the feature space and make class boundaries unstable. In addition, discrete emotion classification and continuous valence arousal labels are often trained separately, which limits the use of complementary information between the two forms of annotation. The aim of this work is to improve emotion discriminability through joint multi-task learning and geometric constraints in a shared feature space. The paper proposes a synergistic multi-task learning architecture based on ConvNeXt-Small that simultaneously performs eight-class emotion classification and valence arousal regression. To achieve deep alignment of representations, a VA manifold prototype alignment module is developed. It integrates class prototype guidance, topological VA manifold projection, and margins between easily confused classes into a unified geometric constraint for joint optimization. As materials and methods, training on AffectNet and zero-shot cross-dataset evaluation on FER2013, RAF-DB, and SFEW are used. The experiments show improved recognition quality relative to a multi-task baseline without the proposed module, as well as robustness to cross-domain distribution shift. The results confirm the effectiveness of geometric constraints for facial expression recognition in real conditions and the promise of the proposed approach for practical affect analysis systems.

**Keywords: facial expression recognition, multi-task learning, valence arousal, prototype alignment, convolutional neural network**

## Введение

Распознавание мимики (Facial Expression Recognition, FER) направлено на определение эмоционального состояния по статическим изображениям и широко применяется в таких областях, как взаимодействие человека с компьютером, интеллектуальные кабины и общественная безопасность. В полевых условиях различия в освещении, позе и затенении могут привести к перекрытию в пространстве признаков таких категорий, как «радость и презрение», «удивление и страх», «гнев и отвращение». AffectNet одновременно предоставляет восемь дискретных категорий выражений лица и непрерывные метки валентности-возбуждения (Valence–Arousal, VA) и является широко используемым обучающим набором данных исходного домена [1]; FER2013, RAF-DB, SFEW и другие наборы данных часто используются для межбазовой оценки [2–4]. Обобщение на другие наборы данных по-прежнему остается сложной задачей при внедрении: высокая точность в исходном домене не означает напрямую, что признаки являются переносимыми; необходимо одновременно анализировать результаты внутридоменного сравнения и результаты межбазового тестирования без тонкой настройки в рамках единого протокола. В конкурсе по анализу аффективного поведения в естественных условиях (Affective Behavior Analysis in-the-wild, ABAW) в качестве важного показателя для задач распознавания эмоций используется макро-F1 [5].

Что касается базовых моделей и многозадачности, то конволюционные архитектуры, такие как ConvNeXt, по-прежнему широко используются для классификации статических выражений лица [6]; модели типа POSTER демонстрируют высокую точность в рамках протокола AffectNet с восемью классами [7]. Сочетание дискретной классификации и VA-регрессии способствует улучшению инференции выражений лица [8, 9], а коэффициент конкордантной корреляции (Concordance Correlation Coefficient, CCC) также часто используется для VA-обучения [10]. Ограничения на прототипы классов позволяют смягчить проблему недостаточных межклассовых отношений при one-hot-обучении [11]. Однако классификационные потери, регрессия VA и межклассовые геометрические отношения по-прежнему часто обрабатываются отдельно. Обучающий набор AffectNet имеет выраженный «длинный хвост», а близкие классы пересекаются на плоскости VA [12–14]. Поэтому простое увеличение глубины сети зачастую не позволяет стабильно подавлять перекрестные помехи [15, 16].

**Цель исследования** – посредством внедрения механизма выравнивания прототипов VA-многообразий явно ограничить топологическую геометрию многообразий в высокомерном пространстве признаков, что позволит коренным образом исправить асимметрию границ принятия решений, связанную с эмоциями, которые легко спутать с эмоциями ближайших соседей.

## Материалы и методы исследования

Входными данными модели являются трехканальные цветные изображения лиц (red, green, blue, RGB) размером 224×224. Сеть состоит из базовой архитектуры ConvNeXt-Small [17], слоя общей проекции $d = 512$ и многозадачной выходной головки. Структура многозадачной сети распознавания эмоций на основе ConvNeXt и модуля VMPA (VA-Manifold Prototype Alignment) представлена на рис. 1.

Пусть обучающая выборка имеет вид $(x_i, y_i, v_i, m_i)$, $i = 1,\ldots,N$, где $x_i$ обозначает входное изображение, $y_i \in \{0,\ldots,C-1\}$ – целевой класс эмоции, $C = 8$ – количество категорий эмоций, $v_i = [v_i^{(v)}, v_i^{(a)}]^T \in [-1,1]^2$ – разметку валентности и активации (VA), а $m_i \in \{0,1\}$ представляет собой маску валидности VA. Обозначим набор валидных VA-выборок как $M = \{i : m_i = 1\}$. Суммарная функция потерь записывается так, как показано в уравнении

$$L = L_{\text{base}} + \lambda_{\text{vmpa}} \cdot L_{\text{vmpa}}, \quad L_{\text{base}} = L_{\text{cls}} + \lambda_{\text{va}} \cdot L_{\text{va}}, \tag{1}$$

где $L$ – суммарная функция потерь; $L_{\text{base}}$ – базовые многозадачные потери; $L_{\text{vmpa}}$ – регуляризационный член VMPA; $L_{\text{cls}}$ – потери классификации; $L_{\text{va}}$ – потери регрессии VA (вычисляемые только для $i \in M$); $\lambda_{\text{vmpa}}$, $\lambda_{\text{va}}$ – соответствующие весовые коэффициенты.

Прямое отображение сети записывается так, как показано в уравнении

$$f_i = g_\theta(x_i) \in R^d, \tag{2}$$

где $f_i$ – вектор общих (разделяемых) признаков; $g_\theta$ – функция отображения, включающая магистральную сеть (backbone) ConvNeXt и общий проекционный слой; $\theta$ – параметры сети. $d = 512$. Прямой проход классификационной головы записывается так, как показано в уравнении

$$s_i = W_c f_i + b_c, \quad \hat{y}_i = soft\max(s_i), \tag{3}$$

где $s_i$ – логиты классификации; $W_c$, $b_c$ – параметры классификационной головы; $\hat{y}_i$ – вектор вероятностей категорий.

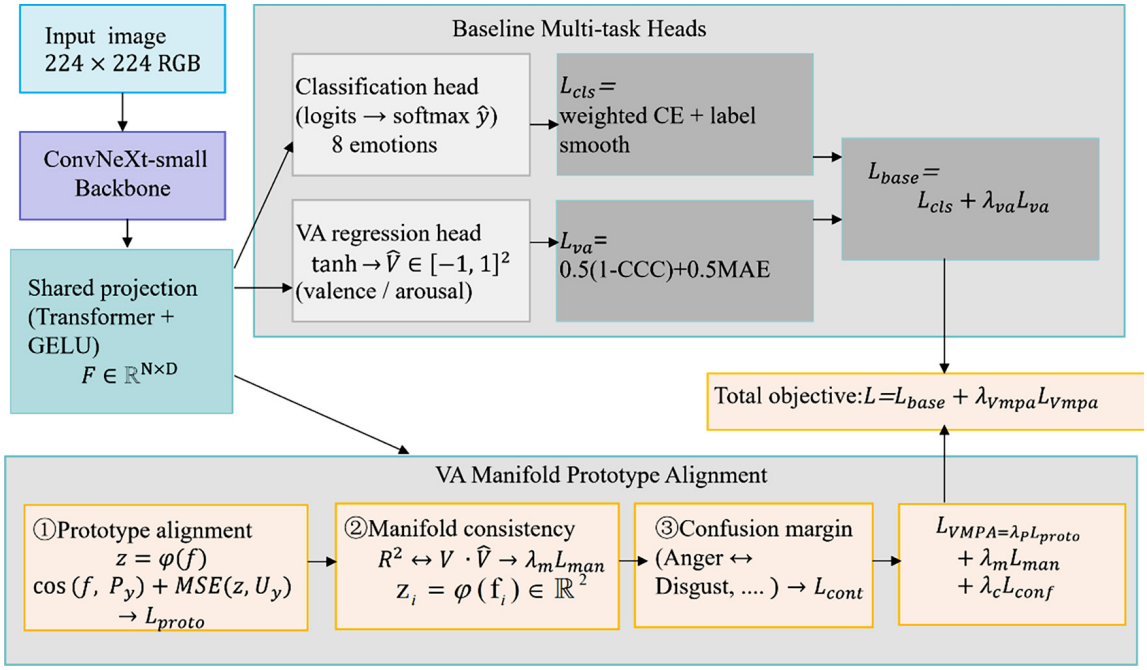



*Рис. 1. Многозадачная сеть распознавания эмоций на основе ConvNeXt и структура модуля VMPA*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Прямой проход головы регрессии VA записывается так, как показано в уравнении

$$\hat{v}_i = \tanh(W_r f_i + b_r), \quad (4)$$

где $\hat{v}_i$ – выход регрессии VA; $W_r$, $b_r$ – параметры головы регрессии; tanh – гиперболический тангенс, ограничивающий выходные значения диапазоном $[-1,1]^2$. При обучении перед классификационной головой и головой VA применяется слой Dropout с вероятностью $p = 0.5$.

В качестве функции потерь классификации используется взвешенная перекрестная энтропия со сглаживанием меток (Label Smoothing). Сглаживание целевых меток записывается так, как показано в уравнении

$$\tilde{y}_{i,c} = (1-\varepsilon_{ls})\delta_{c,y_i} + \varepsilon_{ls} / C, \quad (5)$$

где $\varepsilon_{ls} = 0.1$ – коэффициент сглаживания меток (фактор сглаживания); $\delta_{c,y_i}$ – символ Кронекера; $w_c$ – весовые коэффициенты классов, используемые для смягчения проблемы длинного хвоста в наборе данных AffectNet [1]. Потери классификации записываются так, как показано в уравнении

$$L_{\text{cls}} = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{c=0}^{C-1} w_c \cdot \tilde{y}_{i,c} \cdot \log \hat{y}_{i,c}, \quad (6)$$

где $N$ – количество выборки (число образцов); $\tilde{y}_{i,c}$ – сглаженная целевая метка; $\hat{y}_{i,c}$ – прогнозируемая вероятность. Потери регрессии VA вычисляются только для выборки $i \in M$. Потери регрессии VA вычисляются только для образцов с валидными VA-аннотациями. Для оценки согласованности между предсказанными и истинными значениями Valence–Arousal используется коэффициент согласованной корреляции Конкорданса (Concordance Correlation Coefficient, CCC). Коэффициент CCC вычисляется отдельно для каждого измерения VA. Для одного измерения он определяется следующим образом, как показано в уравнении

$$CCC = \frac{2\sigma_{pt}}{\sigma_p^2 + \sigma_t^2 + (\mu_p - \mu_t)^2 + \varepsilon}, \quad (7)$$

где $u_p$, $u_t$ – средние значения предсказанных и истинных значений соответственно; $\sigma_p^2$, $\sigma_t^2$ – дисперсии; $\sigma_{pt}$ – ковариация между предсказанными и истинными значениями; $\varepsilon$ – малый член числовой стабильности. Для каждого валидного mini-batch коэффициент *CCC* сначала вычисляется отдельно для измерений Valence и Arousal. Потери *CCC* определяются как среднее значение величин 1 – *CCC* по двум измерениям. Дополнительно вычисляется средняя абсолютная ошибка между предсказанными и истинными VA-значениями. Итоговые потери регрессии VA записываются следующим образом, как показано в уравнении

$$L_{VA} = \frac{1}{2} L_{CCC} + \frac{1}{2} L_{MAE}, \qquad (8)$$

где $L_{CCC}$ – компонент потерь, основанный на коэффициенте согласованной корреляции, усредненный по измерениям Valence и Arousal; $L_{MAE}$ – средняя абсолютная ошибка между предсказанными и истинными VA-значениями. Если в текущем mini-batch имеется менее двух валидных VA-образцов, компонент $L_{CCC}$ не вычисляется и используются только потери $L_{MAE}$. Образцы без валидных VA-аннотаций не участвуют в вычислении VA-потерь. Базовые многозадачные потери записываются так, как показано в уравнении (9), $\lambda_{va} = 3.5$:

$$L_{\text{base}} = L_{\text{cls}} + \lambda_{\text{va}} \cdot L_{\text{va}}. \qquad (9)$$

Метод VMPA внедряет в разделяемые признаки выравнивание прототипов между признаковым и двойным VA-пространствами, многообразное проецирование и консистентность (согласованность) с головой регрессии VA, а также интервальное разделение для легко смешиваемых (близких) пар классов. Проектор многообразия $\varphi$ представляет собой двухслойный перцептрон с выходом tanh, как показано в уравнении

$$z_i = \varphi(f_i) \in \mathbb{R}^2, \qquad (10)$$

где $z_i$ – координаты проекции многообразия; $\varphi$ – проектор многообразия. Переменные $z_i$ и $\hat{v}_i$ образуют два пути передачи VA: первый поступает из проектора VMPA, а второй – из головы регрессии; они взаимно ограничивают друг друга посредством функции потерь $L_{\text{man}}$. Далее по тексту выражение MSE(·,·) обозначает среднее арифметическое квадратичных ошибок по каждому измерению. В результате для каждого входного образца формируются двумерные координаты $z_i$ на VA-многообразии, которые далее используются в механизмах прототипного выравнивания и согласования VA-многообразия.

Для каждого эмоционального класса $c$ в модели вводятся два типа прототипов: обучаемый прототип признаков $p_c$ в общем пространстве признаков размерности 512 и обучаемый VA-прототип $u_c$ в двумерном пространстве Valence–Arousal.

Прототипы признаков $p_c$ инициализируются независимыми значениями из нормального распределения со стандартным отклонением 0,02. VA-прототипы $u_c$ инициализируются предварительно заданными приближенными координатами (валентность, активация) для классов Neutral, Happy, Sad, Surprise, Fear, Disgust, Anger, Contempt: (0; 0), (0,8; 0,5), (-0,6; -0,3), (0,3; 0,7), (-0,5; 0,6), (-0,7; 0,2), (-0,6; 0,5), (-0,2; 0,1). В процессе обучения оба типа прототипов являются обучаемыми параметрами модели и обновляются совместно с параметрами основной сети методом AdamW и обратным распространением ошибки.

Для каждого образца выполняется выравнивание его признакового представления с прототипом соответствующего класса в пространстве признаков, а координат на VA-многообразии – с соответствующим VA-прототипом, как показано в уравнении

$$L_{proto} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(1 - \cos(f_i, p_{y_i})\right) + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left\| z_i - u_{y_i} \right\|_2^2, \qquad (11)$$

где $f_i$ – общее признаковое представление $i$-го образца; $z_i$ – координаты образца после проекции на VA-многообразие; $y_i$ – истинная метка класса; $p_{yi}$ – прототип признаков соответствующего класса; $u_{yi}$ – соответствующий VA-прототип. Первый компонент обеспечивает сближение признаков образца с прототипом его класса на основе косинусного сходства, а второй компонент минимизирует среднеквадратичное отклонение между координатами VA-многообразия и соответствующим VA-прототипом.

Для обеспечения согласованности между VA-проекцией VMPA, истинными VA-аннотациями и выходом независимой головы регрессии вводятся потери согласования VA-многообразия. Данный компонент вычисляется только для образцов с валидными VA-аннотациями. Проекция VA-многообразия одновременно приближается к истинным VA-значениям и согласуется с выходом головы VA-регрессии, как показано в уравнении

$$L_{man} = \frac{1}{2} MSE(Z, V) + \frac{1}{2} MSE(Z, \hat{V}), \qquad (12)$$

где $Z$ – матрица координат VA-многообразия для образцов с валидными VA-аннотациями; $V$ – матрица соответствующих истинных значений Valence–Arousal; $\hat{V}$ – матрица значений, предсказанных головой VA-регрессии. В настоящей реализации оба компонента имеют одинаковый вес 0,5.

На основе высокочастотных ошибок в матрице ошибок на валидационном наборе заранее определяется множество из пяти неупорядоченных пар легко смешиваемых

эмоциональных классов: Anger–Disgust, Neutral–Contempt, Fear–Surprise, Happy–Contempt и Neutral–Sad. Для реализации направленного маржинального ограничения каждая пара рассматривается в двух направлениях. Таким образом, в функции потерь используются 5 неупорядоченных пар, соответствующих 10 направленным отношениям между классами.

Для текущего мини-батча (mini-batch) обозначим

$$B_{\{c_a\}} = \{i : y_i = c_a\}, \quad K = \left| \{(c_a, c_b) \in \Pi : B_{c_a} \neq \varnothing\} \right|,$$

где $K$ – количество пар легко смешиваемых классов в текущем пакете, для которых якорный класс не пуст.

Для каждого образца, принадлежащего якорному классу $a$, вычисляется расстояние до прототипа собственного класса $p_a$ и до прототипа соответствующего легко смешиваемого класса $p_b$. Маржинальное ограничение обеспечивает, чтобы образец располагался ближе к прототипу своего класса, чем к прототипу конкурирующего класса, с заданным запасом $m = 0.2$, как показано в уравнении

$$L_{a,b} = \frac{1}{N_a} \sum_{i:y_i=a} \max\left(0, \|f_i - p_a\|_2^2 - \|f_i - p_b\|_2^2 + m\right), \tag{13}$$

где $f_i$ – признаковое представление $i$-го образца, принадлежащего якорному классу $a$; $p_a$ – прототип признаков собственного класса; $p_b$ – прототип признаков соответствующего легко смешиваемого класса; $N_a$ – количество образцов класса $a$ в текущем mini-batch; $m$ = 0.2 – величина маржи. Пакетное усреднение интервальных потерь для легко смешиваемых классов записывается так, как показано в уравнении

$$L_{conf} = \frac{1}{|\mathcal{P}_{valid}|} \sum_{(a,b)\in\mathcal{P}_{valid}} L_{a,b}, \tag{14}$$

где $\mathcal{P}_{valid}$ – множество направленных пар легко смешиваемых классов, для которых в текущем mini-batch присутствует хотя бы один образец якорного класса; $|\mathcal{P}_{valid}|$ – количество таких направленных пар. Если множество $\mathcal{P}_{valid}$ пусто, значение $L_{conf}$ принимается равным нулю. Три описанных компонента объединяются в единую функцию потерь модуля VA-Manifold Prototype Alignment, как показано в уравнении

$$L_{VMPA} = \lambda_{proto} L_{proto} + \lambda_{man} L_{man} + \lambda_{conf} L_{conf}, \tag{15}$$

где $\lambda_{proto} = 1.0$, $\lambda_{man} = 1.0$, $\lambda_{conf} = 0.6$ – внутренние весовые коэффициенты компонентов прототипного выравнивания, согласования VA-многообразия и маржинального разделения легко смешиваемых классов соответственно; в общей целевой функции потерь вес $\lambda_{VMPA} = 0.4$.

## Результаты исследования и их обсуждение

Для основных экспериментов использовался поднабор AffectNet с ручной разметкой. В обучающей выборке количество образцов с метками эмоций от 0 до 7 составляет 287 652 изображения, при этом распределение классов имеет ярко выраженный длинный хвост. Значения валентности и активации лежат в диапазоне [–1;1]; образцы с невалидной разметкой отсекались с помощью маскирования при расчете потерь, связанных с VA. Официальный сбалансированный валидационный набор данных по восьми классам использовался в качестве основного оценочного набора.

Кросс-датасетное тестирование проводилось на тестовом наборе FER2013, содержащем 7178 изображений, валидационном наборе SFEW 2.0 и тестовом наборе RAF-DB, содержащем 3068 изображений. Исходные метки всех трех наборов данных проецировались на 8-классовое пространство эмоций AffectNet.

Официальный валидационный раздел SFEW 2.0 содержит 436 изображений. В эксперименте использовались файлы, фактически находящиеся в каталогах соответствующих эмоций. Критерием включения являлось наличие файла и возможность его успешного открытия как цветного изображения; дополнительная фильтрация с использованием детектора лиц не применялась. В результате были исключены 24 недоступных или нечитаемых файла, и в оценку вошло 412 изображений. Распределение по классам составило: Neutral – 82, Happy – 67, Sad – 68, Surprise – 50, Fear – 46, Disgust – 23, Anger – 76.

Во всех трех наборах отсутствуют истинные метки класса «Contempt». Вывод выполнялся с использованием исходной 8-классовой выходной головы, логит Contempt не исключался, а вероятности по семи классам не перенормировались. Accuracy рассчитывалась по всем образцам, а макрометрики усреднялись по восьми индексам классов. Для класса Contempt, отсутствующего в истинных метках, полнота (Recall) принималась равной нулю.

Размер входных изображений приводился к формату 224×224 с последующей нормализацией по среднему значению и дисперсии ImageNet. При обучении применялось случайное горизонтальное отражение, при тестировании случайная аугментация не использовалась.

Для оценки влияния масштаба данных на том же обучающем наборе AffectNet с использованием сбалансированной по классам выборки были сформированы три поднабора: Quick15 (15 %), Mid50 (50 %) и Full100 (100 %), для каждого из которых использовался один и тот же валидационный набор из 4000 образцов. В качестве магистральной сети (backbone) модели выступала предобученная на ImageNet сеть ConvNeXt-Small.

Сопоставление Baseline и VMPA выполнено при одинаковых гиперпараметрах в однократном обучении каждой конфигурации. Сводные точечные значения метрик (лучший checkpoint по macro-F1 на валидации AffectNet) приведены в табл. 1.

При переходе к полномасштабному обучению Full100 точность тестирования, достигнутая наилучшей моделью, дополнительно составила 65,35 %, демонстрируя, что масштабирование объема данных позволяет непрерывно раскрывать репрезентативный потенциал магистральной сети.

Вклад компонент $L_{proto}$, $L_{man}$, $L_{conf}$ оценен абляцией на протоколе Full100; в табл. 2 приведены среднее и стандартное отклонение по пяти независимым запускам, Для каждой конфигурации выполнены пять независимых запусков с фиксированными seed 42, 123, 2026, 7 и 4. Остальные гиперпараметры не изменялись.

В таблице приведены среднее значение и стандартное отклонение по пяти независимым запускам (seed: 42, 123, 2026, 7, 4)

На рис. 2, а, представлена нормированная по строкам матрица ошибок для наилучшей модели VMPA в конфигурации Full100. Для систематической оценки обобщающей способности модели в различных кросс-доменных и сложных сценариях наилучшая модель VMPA, обученная на наборе Full100, была дополнительно протестирована на трех классических бенчмарках: FER2013, RAF-DB и SFEW.

На рис. 2 приведены нормированные по строкам матрицы ошибок для кросс-доменного тестирования.

**Таблица 1**

Сравнение Baseline и VMPA на валидации AffectNet

| Доля обучающей выборки | Метод | macro-F1 (%) | Accuracy (%) |
|---|---|---|---|
| 15 % (Quick15) | Baseline | 53,17 | 52,91 |
| | VMPA | 52,43 | 52,72 |
| 50 % (Mid50) | Baseline | 57,28 | 57,68 |
| | VMPA | 60,50 | 60,30 |
| 100 % (Full100) | Baseline | 57,28 | 57,67 |
| | VMPA | 65,32 | 65,35 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Однократное обучение; checkpoint по лучшему macro-F1 на валидации AffectNet; точечные значения.

**Таблица 2**

Абляция компонентов VMPA

| Конфигурация | macro-F1( %) | Accuracy (%) |
|---|---|---|
| Baseline | 57,30 ± 0,22 | 57,69 ± 0,20 |
| VMPA без $L_{proto}$ | 62,43 ± 0,28 | 62,52 ± 0,26 |
| VMPA без $L_{man}$ | 64,28 ± 0,24 | 64,31 ± 0,22 |
| VMPA без $L_{conf}$ | 64,50 ± 0,23 | 64,36 ± 0,21 |
| Полная VMPA | 65,28 ± 0,21 | 65,30 ± 0,19 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

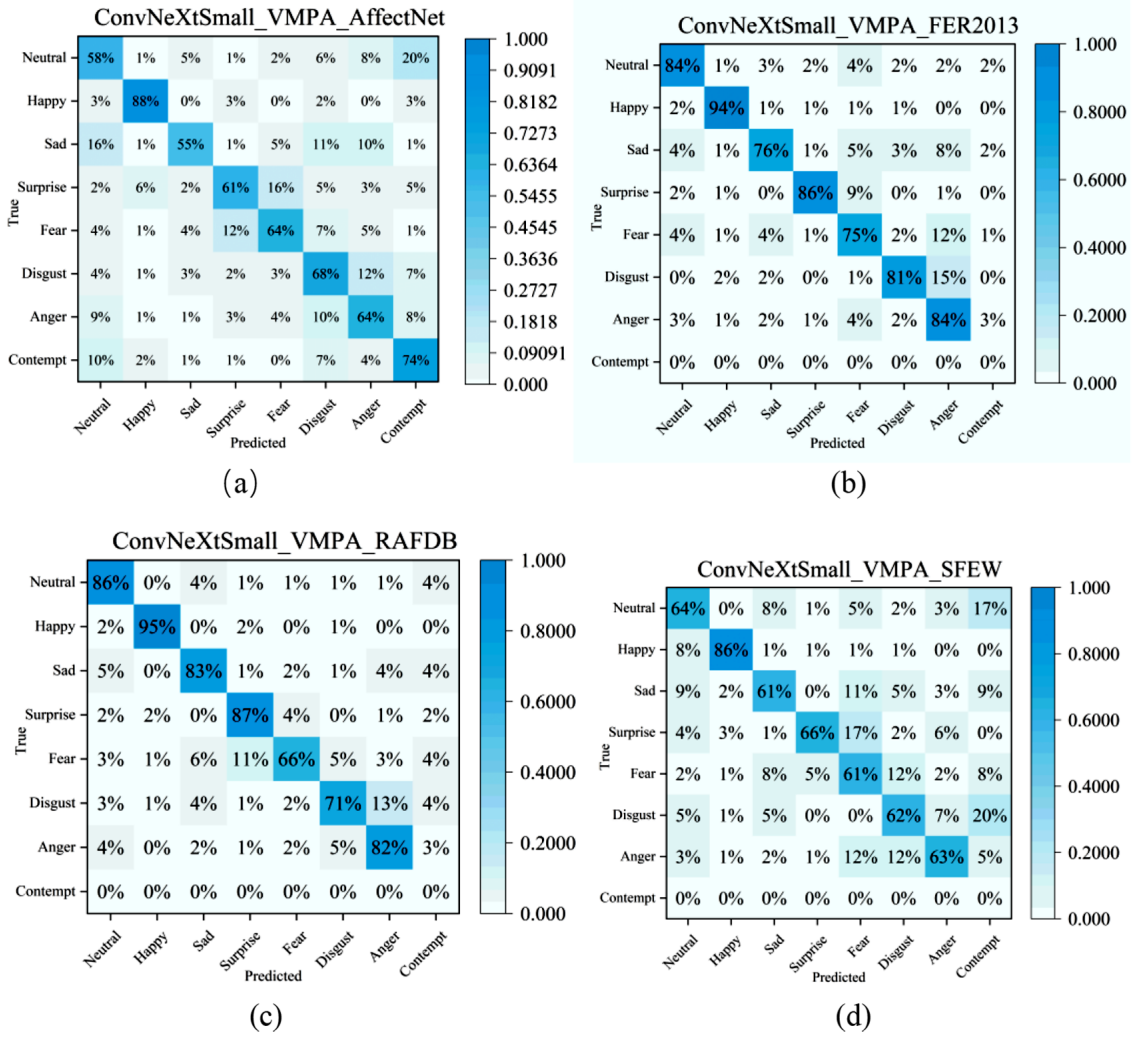



*Рис. 2. Матрицы ошибок, нормированные по строкам, для различных наборов данных в конфигурации Full100*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Результаты экспериментов показывают, что, несмотря на существенные различия в распределении данных между исходным и целевым доменами, модель демонстрирует высокую помехоустойчивость и надежность распознавания во всех трех типичных сценариях.

Для сравнения эффективности модели на уровне отдельных классов в различных наборах данных на рис. 3 представлена лепестковая диаграмма для восьми классов эмоций, охватывающая датасеты AffectNet, FER2013, RAF-DB и SFEW. Оси координат соответствуют классам: Нейтральный, Радость, Грусть, Удивление, Страх, Отвращение, Гнев и Презрение. Значения на каждой оси представляют собой показатель полноты для соответствующего класса.

Чтобы подробнее раскрыть механизмы эволюции признаков и принятия решений внутри многозадачной модели, на рис. 4 показано двумерное пространственное распределение признаков наилучшей модели VMPA в режиме обучения Full100 на тестовой выборке. Путем сравнения топологических структур истинных меток в непрерывном пространстве эмоций (рис. 4, a) и предсказанных моделью значений (рис. 4, b) можно обнаружить, что голова регрессии предложенной модели способна с высокой точностью воспроизводить кольцевое геометрическое многообразие всего пространства эмоций. Как в правой области, характеризующейся высокими положительными значениями, так и в нижней отрицательной области пространство предсказаний сохраняет макроскопические границы и характеристики непрерывных переходов, которые в высокой степени согласуются с истинным распределением.

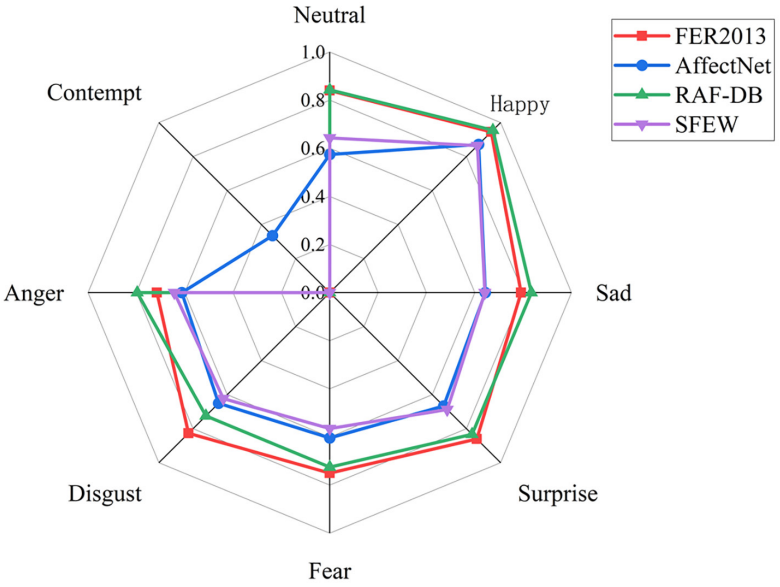



*Рис. 3. Радарная диаграмма показателей по классам на AffectNet, FER2013, RAF-DB и SFEW*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

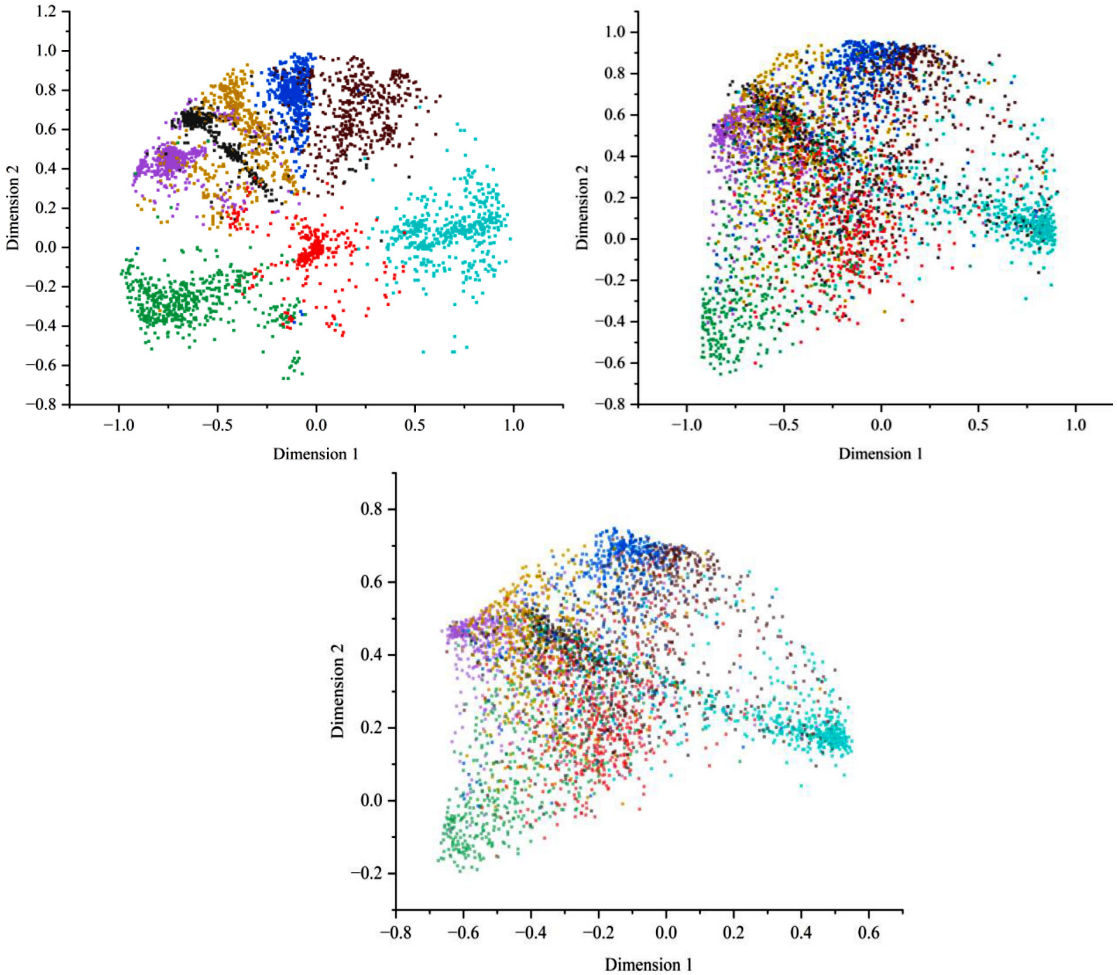



*Рис. 4. Диаграмма рассеяния признаков: (a) истинные значения меток,*
*(b) предсказанные моделью значения, (c) значения в скрытом пространстве многообразия*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Это доказывает превосходную аппроксимирующую и обобщающую способность многозадачной архитектуры в задачах регрессии непрерывных эмоций.

Дальнейший анализ проекции пространства многообразия скрытых признаков (рис. 4, c) показывает, что бирюзовые точки в правой части образуют структуру в виде «изолированного полуострова» с высокой степенью физической обособленности и сильной центростремительностью. Это обеспечивает фундаментальную поддержку на уровне многообразия признаков для исключительно высокой точности классификации данной категории в матрице ошибок. Напротив, в левой верхней области точки желтого, фиолетового и коричневого цветов демонстрируют очевидное и масштабное физическое переплетение и взаимное перекрытие.

Данный факт точно объясняет внутренние причины взаимных ошибок классификации при распознавании отрицательных эмоций решающим классификатором. Описанный качественный анализ пространственного многообразия не только подтверждает необходимость введения геометрических ограничений, но и демонстрирует эффективность механизма синергетического многозадачного обобщения модели.

## Заключение

Предложенная многозадачная модель на базе ConvNeXt-Small способна одновременно выполнять классификацию восьми категорий мимики и регрессию валентности-активации в едином общем пространстве признаков. Совместная оптимизация параметров ограничений для прототипов классов, проекций VA-многообразия и интервалов между легко смешиваемыми классами с помощью метода VMPA позволила повысить дискриминативную способность модели в условиях реального окружения. При полномасштабном обучении Full100 итоговая точность тестирования составила 65,00 %, при этом наилучшая модель достигла 65,35 %. В кросс-доменных тестах без дообучения сохранялась исходная 8-классовая голова: логит Contempt не исключался, вероятности по семи классам не перенормировались, макрометрики усреднялись по восьми индексам. На FER2013, RAF-DB и SFEW 2.0 Accuracy составила 82,86; 81,43 и 66,14 % соответственно. Для класса Contempt, отсутствующего в истинных метках, полнота принималась равной нулю. В рамках будущих исследований планируется адаптировать модель к сценариям с более сложной структурой данных и выраженным доменным сдвигом для дальнейшего повышения обобщающей способности в кросс-базовых задачах.

## Список литературы

1. Mollahosseini A., Hasani B., Mahoor M. H. AffectNet: A database for facial expression, valence, and arousal computing in the wild // IEEE Transactions on Affective Computing. 2019. Vol. 10. Is. 1. P. 18–31. DOI: 10.1109/TAFFC.2017.2740923.

2. Goodfellow I. J., Erhan D., Carrier P. L., Courville A., Mirza M., Hamner B., et al. Challenges in representation learning: A report on three machine learning contests // Neural Information Processing. ICONIP 2013 // Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol. 8228. P. 117–124. DOI: 10.1007/978-3-642-42051-1_16.

3. Li S., Deng W., Du J. Reliable Crowdsourcing and Deep Locality-Preserving Learning for Expression Recognition in the Wild // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2017. P. 2852–2861. [Электронный ресурс]. URL: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/html/Li_Reliable_Crowdsourcing_and_CVPR_2017_paper.html (дата обращения: 12.08.2026).

4. Dhall A., Goecke R., Lucey S., Gedeon T. Static facial expression analysis in tough conditions: Data, evaluation protocol and benchmark // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW). 2011. P. 2106–2112. DOI: 10.1109/ICCVW.2011.6130508.

5. Kollias D., Tzirakis P., Cowen A., Zafeiriou S., Kotsia I., Baird A., et al. The 6th Affective Behavior Analysis in-the-wild (ABAW) Competition // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). 2024. P. 4587–4598. DOI: 10.1109/CVPRW63382.2024.00461.

6. Chen D., Cao Y., Cheng X. Research on facial expression recognition method based on improved ConvNeXt // IET Image Processing. 2025. Vol. 19. Art. e70118. DOI: 10.1049/ipr2.70118.

7. Mao J., Xu R., Yin X., Chang Y., Nie B., Huang A., Wang Y. POSTER++: A simpler and stronger facial expression recognition network // Pattern Recognition. 2025. Vol. 157. Art. 110951. DOI: 10.1016/j.patcog.2024.110951.

8. Russell J. A. A circumplex model of affect // Journal of Personality and Social Psychology. 1980. Vol. 39. Is. 6. P. 1161–1178. DOI: 10.1037/h0077714.

9. Wagner N., Matzler F., Vossberg S. R., Schneider H., Pavlitska S., Zollner J. M. CAGE: Circumplex Affect Guided Expression Inference // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). 2024. P. 4683–4692. DOI: 10.1109/CVPRW63382.2024.00471.

10. Cabacas-Maso J., Ortega-Beltran E., Benito-Altamirano I., Ventura C. Enhancing facial expression recognition through dual-direction attention mixed feature networks: Application to 7th ABAW Challenge // Computer Vision – ECCV 2024 Workshops. Lecture Notes in Computer Science. 2025. Vol. 15637. P. 311–321. DOI: 10.1007/978-3-031-91581-9_22.

11. Ma F., He Y., Sun B., Li S. Multimodal prompt alignment for facial expression recognition // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). 2025. P. 12581–12591. DOI: 10.1109/ICCV51701.2025.01169.

12. Fard A. P., Hosseini M. M., Sweeny T. D., Mahoor M. H. AffectNet+: A database for enhancing facial expression recognition with soft-labels // IEEE Transactions on Affective Computing. 2026. Vol. 17. Is. 1. P. 784–800. DOI: 10.1109/TAFFC.2025.3634523.

13. Xie W., Peng Z., Shen L., Lu W., Zhang Y., Song S. Cross-layer contrastive learning of latent semantics for facial expression recognition // IEEE Transactions on Image Processing. 2024. Vol. 33. P. 2514–2529. DOI: 10.1109/TIP.2024.3378459.

14. Qin L., Wang M., Deng C., Wang K., Chen X., Hu J., Deng W. SwinFace: A multi-task transformer for face recognition, expression recognition, age estimation and attribute estimation // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2024. Vol. 34. Is. 4. P. 2223–2234. DOI: 10.1109/TCSVT.2023.3304724.

15. Liu Y., Peng J., Dai W., Zeng J., Shan S. Joint spatial and scale attention network for multi-view facial expression recognition // Pattern Recognition. 2023. Vol. 139. Art. 109496. DOI: 10.1016/j.patcog.2023.109496.

16. Safavi F., Patel K., Vinjamuri R. Facial expression recognition with an efficient Mix Transformer for affective human-robot interaction // IEEE Transactions on Affective Computing. 2025. Vol. 16. Is. 4. P. 3081–3094. DOI: 10.1109/TAFFC.2025.3567966.

17. Liu Z., Mao H., Wu C.-Y., et al. A ConvNet for the 2020s // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2022. P. 11976–11986. URL: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2022/html/Liu_A_ConvNet_for_the_2020s_CVPR_2022_paper.html. (дата обращения: 12.08.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Статья подготовлена при финансовой поддержке Китайского стипендиального совета (CSC, 202209815001).

**Financing:** The article was prepared with the financial support of the China Scholarship Council (CSC, 202209815001).

СТАТЬИ

УДК 378.147:004.8
DOI

CC BY 4.0

# ДИДАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

**[1]Алпатова О. Б. ORCID ID 0009-0001-5483-8744,**
**[2]Хрусталева Т. А. ORCID ID 0000-0001-9709-2121**

*[1]Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования «Московский институт психоанализа», Москва, Российская Федерация, e-mail: alpatovs@list.ru;*
*[2]Московский областной филиал федерального государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Московский ордена Почета университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В. Я. Кикотя», Московская область, поселок Старотеряево, Российская Федерация*

В статье рассматриваются дидактические возможности искусственного интеллекта в учебно-воспитательном процессе подготовки специалистов психолого-педагогического профиля. Актуальность темы определяется быстрым распространением сервисов на базе искусственного интеллекта и необходимостью их педагогически осмысленного, методически обоснованного и этически безопасного применения в образовании. Интеграция искусственного интеллекта в учебно-воспитательный процесс напрямую соотносится с ключевыми положениями ФГОС ВО, поскольку это способствует формированию у будущих специалистов компетенций, связанных с аналитической деятельностью, научной и проектной работой, развитию способностей использования технологий искусственного интеллекта как инструмента решения профессиональных задач. Цель исследования состоит в раскрытии потенциала искусственного интеллекта как дидактического ассистента, поддерживающего проектирование учебных кейсов, дифференциацию заданий, разработку критериев оценивания, формирующую обратную связь, рефлексивное сопровождение и моделирование воспитательных ситуаций. Методологическая основа включает анализ научной литературы и международных документов, педагогическое моделирование, квазиэкспериментальную апробацию учебного модуля, тестирование, анкетирование, экспертную оценку образовательных продуктов и статистическую обработку данных. В апробации участвовали 96 обучающихся, распределенных на экспериментальную и контрольную группы. Полученные результаты показывают, что в условиях квазиэкспериментальной апробации выявлена положительная динамика цифровой грамотности, качества дидактического проектирования, профессиональной рефлексии и готовности студентов к ответственному использованию цифровых инструментов. Выявлены функции искусственного интеллекта: проектировочная, адаптивная, оценочная, рефлексивная и воспитательно-коммуникативная. Подчеркивается значение поэтапного освоения технологии: от формирования грамотных запросов и проверки фактов до профессиональной интерпретации полученных материалов. Особое внимание уделяется рискам некритического доверия к ответам модели, нарушения конфиденциальности, алгоритмической предвзятости и снижения самостоятельности мышления. Практическая значимость работы связана с возможностью использования предложенного модуля при обновлении психолого-педагогических дисциплин. Делается вывод, что искусственный интеллект не заменяет педагога, а усиливает образовательный процесс при условии экспертной проверки, этической оценки и педагогической адаптации результатов.

**Ключевые слова: искусственный интеллект, генеративный искусственный интеллект, психолого-педагогическое образование, дидактические возможности, учебно-воспитательный процесс, цифровая грамотность, этика искусственного интеллекта**

# DIDACTIC CAPABILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF TRAINING SPECIALISTS IN THE PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PROFILE

**[1]Alpatova O. B. ORCID ID 0009-0001-5483-8744,**
**[2]Khrustaleva T. A. ORCID ID 0000-0001-9709-2121**

*[1]Non-governmental Educational Private Institution of Higher Education "Moscow Institute of Psychoanalysis", Moscow, Russian Federation, e-mail: alpatovs@list.ru;*
*[2]Moscow Regional Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Order of Honor University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V. Ya. Kikot", Moscow Region, Staroteryaevo settlement, Russian Federation*

The article discusses the didactic potential of artificial intelligence in the educational process of training specialists in the field of psychology and pedagogy. The relevance of the topic is determined by the rapid spread of artificial intelligence-based services and the need for their pedagogically meaningful, methodologically justified, and ethically safe application in education. The integration of artificial intelligence into the educational process is directly related to the key provisions of the Federal State Educational Standard, since this contributes to the formation of

competencies in future specialists related to analytical activities, scientific and project work, and the development of the ability to use artificial intelligence technologies as a tool for solving professional problems. The purpose of the study is to explore the potential of artificial intelligence as a didactic assistant that supports the design of educational cases, the differentiation of tasks, the development of evaluation criteria, the provision of feedback, and the modeling of educational situations. The methodological framework includes the analysis of scientific literature and international documents, pedagogical modeling, quasi-experimental testing of the educational module, testing, questionnaires, expert evaluation of educational products, and statistical data processing. Ninety-six students participated in the pilot study, divided into experimental and control groups. The results show that the quasi-experimental test revealed positive dynamics in digital literacy, the quality of didactic design, professional reflection, and students' readiness to use digital tools responsibly. The study identified the following functions of artificial intelligence: design, adaptive, evaluation, reflection, and educational and communicative. The importance of mastering the technology in stages, from formulating competent queries and verifying facts to professionally interpreting the obtained materials, is emphasized. Special attention is paid to the risks of uncritical trust in the model's responses, violations of confidentiality, algorithmic bias, and a decrease in independent thinking. The practical significance of the work lies in the possibility of using the proposed module in the updating of psychological and pedagogical disciplines. It is concluded that artificial intelligence does not replace a teacher, but enhances the educational process, provided that the results are subject to expert review, ethical assessment, and pedagogical adaptation.

**Keywords: artificial intelligence, generative artificial intelligence, psychological and pedagogical education, didactic opportunities, educational process, digital literacy, ethics of artificial intelligence**

## Введение

Искусственный интеллект (ИИ) становится одним из значимых факторов трансформации высшего образования. Генеративные языковые модели, образовательная аналитика и адаптивные платформы меняют способы проектирования учебных материалов, организации обратной связи и сопровождения обучающихся. В международных документах подчеркивается, что ИИ должен использоваться человекоцентрично: с сохранением педагогической ответственности, прозрачности, безопасности данных и критической цифровой культуры [1–3]. Для подготовки специалистов психолого-педагогического профиля это особенно важно, поскольку их профессиональная деятельность направлена не только на обучение, но и на развитие личности, профилактику рисков и организацию воспитательного взаимодействия [4, с. 71–72].

Проблема исследования состоит в противоречии между доступностью ИИ-инструментов и недостаточной методической готовностью будущих педагогов-психологов, социальных педагогов, тьюторов и специалистов сопровождения применять их в логике профессиональной деятельности [5, с. 105–106].

На практике ИИ часто используется как быстрый генератор текста, хотя его потенциал шире: создание кейсов, дифференциация заданий, подготовка критериев оценивания, моделирование воспитательных ситуаций и поддержка рефлексии. Без специальной педагогической рамки эти возможности сопровождаются рисками некритического доверия к ответам модели, нарушения конфиденциальности, алгоритмической предвзятости и ослабления самостоятельного мышления [6; 7].

**Цель исследования** – выявить и эмпирически обосновать дидактические возможности ИИ в учебно-воспитательном процессе подготовки специалистов психолого-педагогического профиля.

## Материалы и методы исследования

Исследование спроектировано как смешанное. Теоретический блок включал анализ научной литературы 2020–2026 гг., международных методических документов, публикаций об ИИ-компетентности педагогов и этике применения ИИ. Применялись анализ, синтез, сравнение, педагогическое моделирование и обобщение. На этой основе построена модель дидактических функций ИИ и определены показатели эффективности: ИИ-грамотность, качество дидактического проектирования, готовность к ответственному применению ИИ и профессиональная рефлексия.

Эмпирический блок представлял собой квазиэкспериментальную апробацию модуля «Ответственное применение ИИ в психолого-педагогическом проектировании». Выборку составили 96 обучающихся 3–5-х курсов высших ученых заведений г. Москвы, направления «Психолого-педагогическое образование», «Специальное (дефектологическое) образование» и смежных профилей: экспериментальная группа – 48 чел., контрольная – 48 чел.; все участники женского пола. Средний возраст участников – 20,8 года. Группы формировались по естественным академическим потокам; до начала модуля статистически значимых различий по диагностическим шкалам не выявлено.

Модуль длился 8 недель и включал 32 ч контактной и самостоятельной работы. Экспериментальная группа осваивала четыре блока: основы ИИ-грамотности и проверка достоверности ответов; проектирование кейсов, заданий и воспитательных ситуаций с использованием генеративного ИИ; эти-

ка, конфиденциальность и риски предвзятости; рефлексивная супервизия и оценка образовательных продуктов. Контрольная группа изучала стандартный раздел цифровой педагогики без системного включения ИИ-инструментов.

Использовались ChatGPT, GigaChat, YandexGPT, Perplexity, Google Forms, Moodle, Microsoft Excel, Jamovi 2.3 и Python 3.11 с библиотеками pandas, scipy, matplotlib. Студентам запрещалось вводить персональные данные реальных детей, родителей и педагогов; все кейсы обезличивались или создавались как учебные ситуации. Работа с ИИ строилась по циклу: постановка педагогической задачи – получение машинного варианта – экспертно-рефлексивная переработка результата студентом.

Диагностический инструментарий включал: тест ИИ-грамотности педагога из 30 заданий; экспертную рубрику оценки дидактического продукта по пяти критериям 0–4 балла; анкету готовности к ответственному применению ИИ из 24 утверждений по шкале Лайкерта 1–5; карту анализа рефлексивных дневников. Надежность анкеты составила α Кронбаха = 0,86, согласованность двух экспертов по рубрике – ICC = 0,81. Обработка данных включала описательную статистику, критерий Шапиро – Уилка, t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок, размер эффекта Cohen's d, корреляционный анализ Спирмена и тематическое кодирование открытых ответов. Значимость принималась на уровне $p < 0,05$.

Гипотеза исследования состояла в том, что специально организованный учебный модуль по ответственному применению ИИ будет способствовать росту ИИ-грамотности, качества дидактического проектирования и профессиональной рефлексии обучающихся.

Предметом исследования стали способы методически и этически обоснованной интеграции ИИ в учебную, проектную, диагностическую, рефлексивную и воспитательную деятельность.

Современные исследования выделяют несколько направлений применения ИИ в образовании: интеллектуальная поддержка обучения, автоматизированная оценка, прогнозирование образовательных рисков, персонализация траекторий, генерация контента и помощь преподавателю в проектировании занятий [8]. В отличие от обычных цифровых инструментов ИИ способен производить варианты текста, заданий, обратной связи и аналитических выводов. Поэтому его целесообразно рассматривать не как замену педагога, а как дидактический ассистент, результаты работы которого требуют профессиональной проверки [9].

Для психолого-педагогической подготовки ИИ выполняет пять взаимосвязанных функций. Проектировочная функция связана с созданием кейсов, сценариев занятий и воспитательных ситуаций. Адаптивная функция проявляется в генерации вариантов заданий с разным уровнем сложности. Оценочная функция поддерживает формирующую обратную связь и разработку рубрик. Рефлексивная функция помогает студенту анализировать собственные педагогические решения. Воспитательно-коммуникативная функция используется при моделировании диалогов, обсуждении цифровой этики и подготовке безопасных формулировок обратной связи [10].

**Таблица 1**

Дидактические возможности ИИ в подготовке специалистов психолого-педагогического профиля

| Функция | Педагогическая задача | Пример инструмента | Условие применения |
|---|---|---|---|
| Проектировочная | Кейсы, занятия, ситуационные задачи | ChatGPT, GigaChat, YandexGPT | Проверка фактов и соответствия РПД |
| Адаптивная | Варианты заданий и инструкций | Генераторы текста, LMS-аналитика | Учет возраста, уровня и особых потребностей |
| Оценочная | Рубрики, самооценка, формирующая обратная связь | Чек-листы, анализ текста | Прозрачные критерии; запрет автоматического «вердикта» |
| Рефлексивная | Самоанализ педагогических решений | Промпты супервизии, дневник | Сопоставление ответа ИИ с нормами профессии |
| Воспитательная | Цифровая этика, ценностные дилеммы | Диалоговые симуляции | Сохранение живого общения и ответственности педагога |

Примечание: составлена авторами на основе источника [13]

Внедрение ИИ должно строиться на трех уровнях: инструментальном, методическом и профессионально-этическом [11; 12]. На инструментальном уровне студент осваивает запросы и проверку фактов; на методическом – включает ИИ в структуру занятия или консультации; на профессионально-этическом – оценивает допустимость автоматизации, конфиденциальность данных, справедливость и влияние технологии на субъектность ребенка, родителя и педагога. Именно третий уровень определяет качество подготовки будущего специалиста.

Дидактические возможности ИИ в подготовке специалистов психолого-педагогического профиля представлены в табл. 1 [13].

## Результаты исследования и их обсуждение

На входном этапе экспериментальная и контрольная группы имели сопоставимые показатели по всем диагностическим шкалам. После завершения модуля в экспериментальной группе обнаружена более выраженная положительная динамика по сравнению с контрольной. Наиболее заметный прирост зафиксирован по ИИ-грамотности и качеству дидактического проектирования, что связано с регулярной практикой постановки педагогических запросов к ИИ, проверки ответов и их профессиональной переработки (табл. 2).

Посттестовые различия между группами оказались статистически значимыми по всем показателям ($p < 0,001$). В экспериментальной группе улучшение по шкале ИИ-грамотности составило в среднем 9,4 балла из 30 возможных, по качеству проектирования – 7,3 балла из 20, по готовности к ответственному применению ИИ – 1,1 балла по 5-балльной шкале, по профессиональной рефлексии – 1,1 балла.

В контрольной группе положительная динамика также наблюдалась, но была менее выраженной (рис. 1).

**Таблица 2**

Динамика диагностических показателей в экспериментальной и контрольной группах

| Показатель | ЭГ до | ЭГ после | КГ до | КГ после | p до | p после | d |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ИИ-грамотность | 12,08 ± 2,77 | 21,56 ± 2,98 | 12,74 ± 2,88 | 16,19 ± 3,04 | 0,255 | < 0,001 | 1,78 |
| Проектирование | 9,03 ± 2,29 | 16,55 ± 2,28 | 8,78 ± 2,48 | 11,86 ± 2,71 | 0,607 | < 0,001 | 1,87 |
| Ответств. ИИ | 3,18 ± 0,60 | 4,21 ± 0,64 | 3,08 ± 0,61 | 3,47 ± 0,67 | 0,416 | < 0,001 | 1,13 |
| Рефлексия | 3,06 ± 0,59 | 4,13 ± 0,62 | 2,87 ± 0,73 | 3,32 ± 0,77 | 0,173 | < 0,001 | 1,16 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.
ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа; M ± SD; d – размер эффекта Cohen

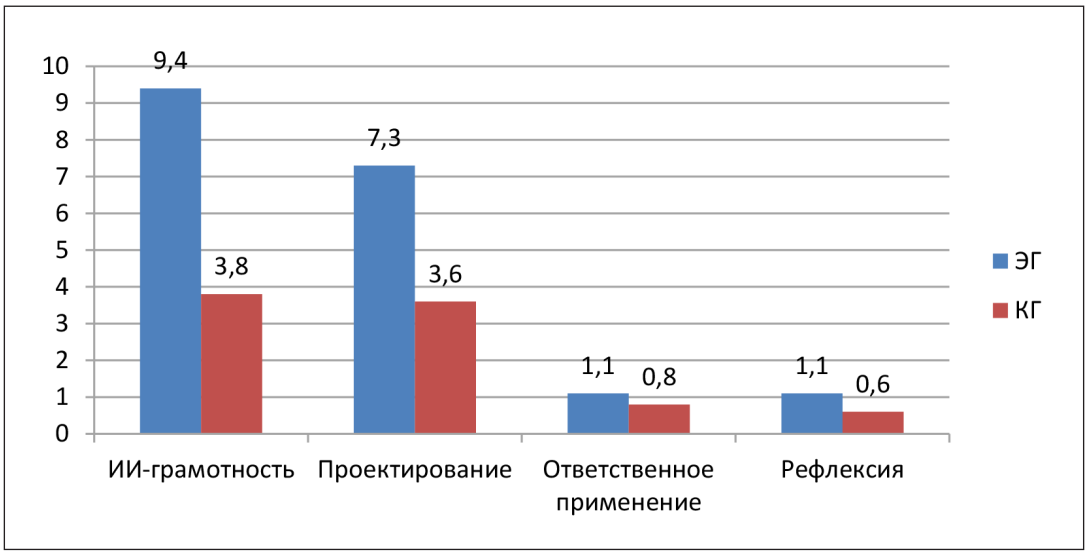



*Рис. 1. Средний прирост диагностических показателей (баллы)*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

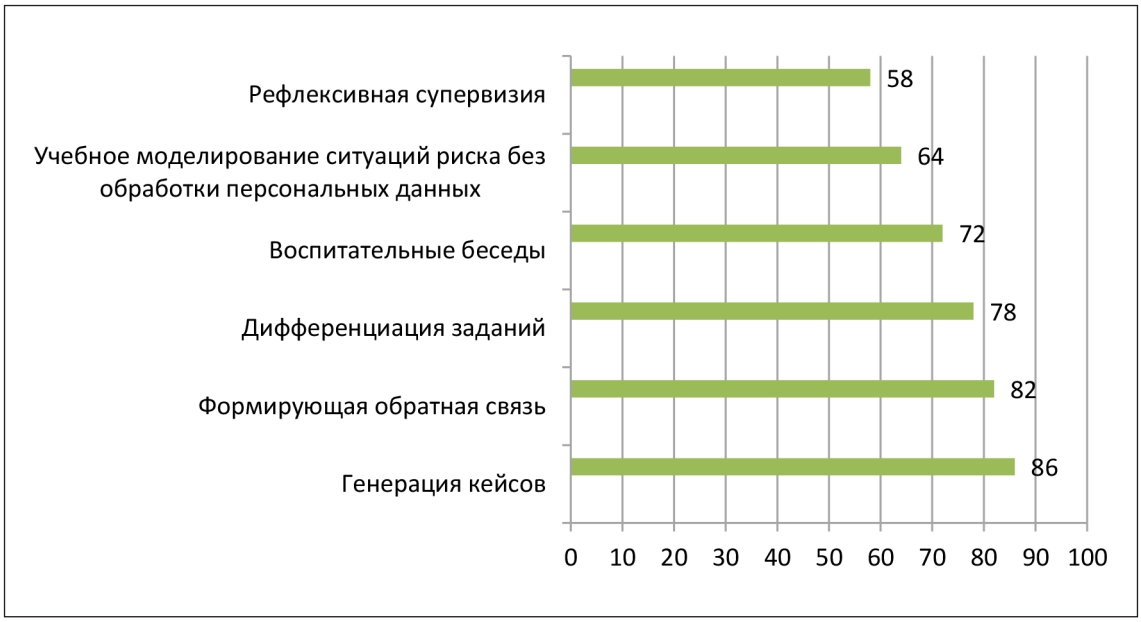



*Рис. 2. Востребованные сценарии применения ИИ в учебных продуктах (доля студентов, %)*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Качественный анализ итоговых работ показал, что студенты экспериментальной группы чаще применяли ИИ как партнера по проектированию, а не как источник готового ответа. В работах фиксировались формулирование нескольких вариантов кейса, адаптация текста под возраст обучающихся, создание вопросов для обсуждения нравственной дилеммы, разработка критериев самооценки и сопоставление ответа ИИ с профессиональными нормами. Наиболее востребованные сценарии представлены на рис. 2.

Тематическое кодирование открытых ответов выявило три группы смыслов. К дидактическим преимуществам отнесены скорость подготовки вариантов материалов, поддержка в создании кейсов и вопросов для обсуждения. К профессиональным ограничениям – шаблонность ответов, необходимость проверки фактов и трудность точного запроса. К этическим рискам – конфиденциальность, непроверяемость источников и недопустимость автоматизированных выводов о личности ребенка.

Результаты позволяют выделить условия продуктивной интеграции ИИ. Во-первых, ИИ должен включаться в учебные задания как инструмент проектирования и критического анализа, а не как универсальный источник готового ответа. Студенту важно представлять не только итоговый продукт, но и логику взаимодействия с ИИ: исходный запрос, критерии проверки, выявленные ошибки, способы редактирования и профессиональное обоснование решения.

Во-вторых, дидактический потенциал ИИ раскрывается в связке «кейсовое обучение – экспертная оценка – рефлексия». Для будущих специалистов сопровождения особенно значимы неоднозначные ситуации: конфликт в группе, трудности адаптации ребенка, сопротивление семьи, риск буллинга, выбор формы обратной связи. ИИ может предложить варианты вопросов и сценариев, но студент должен оценить их с позиции возрастной психологии, педагогической этики и реальных условий образовательной организации.

В-третьих, воспитательный аспект применения ИИ проявляется в формировании ответственного отношения к знанию. Работа с ИИ показывает, что быстрый ответ не равен профессиональному решению, и создает условия для обсуждения академической честности, авторства, доверия, уважения к персональным данным и недискриминации. Эти выводы согласуются с исследованиями, подчеркивающими роль ИИ в персонализации, формирующей оценке и поддержке преподавателя при обязательном развитии ИИ-грамотности и этической культуры [14–16].

Перспективы дальнейшего исследования связаны с многоцентровой апробацией на реальных выборках, включением отсроченного замера и оценкой влияния модуля на практику студентов в образовательных организациях.

## Заключение

ИИ обладает значительными дидактическими возможностями в подготовке специалистов психолого-педагогического профиля: он поддерживает проектирование кейсов, дифференциацию заданий, формирующую обратную связь, рефлексивное сопровождение и обсуждение воспитательных ситуаций. Однако его эффективность определяется методической рамкой, а результаты работы ИИ должны проходить экспертную проверку, этическую оценку и педагогическую адаптацию.

Наиболее продуктивна модель, в которой ИИ выполняет роль дидактического ассистента, а педагог и обучающийся сохраняют авторство, ответственность и право критического решения. Для будущего специалиста это означает необходимость владеть не только технологией запроса, но и профессиональной логикой интерпретации: учитывать возрастные и индивидуальные особенности, защищать персональные данные, избегать автоматизированных ярлыков и строить поддерживающую коммуникацию.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предложенных функций, диагностических показателей и структуры учебного модуля при обновлении дисциплин психолого-педагогического цикла, программ педагогической практики и курсов повышения квалификации. Поэтапное включение ИИ – от грамотности и безопасной работы с данными к проектированию и рефлексии – позволяет превратить технологию в средство развития педагогического мышления и культуры ответственного цифрового действия.

## Список литературы

1. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO, 2022. 44 p. [Электронный ресурс]. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137 (дата обращения: 11.09.2026).

2. Miao F., Cukurova M. AI competency framework for teachers. Paris: UNESCO, 2024. 52 p. DOI: 10.54675/ZJTE2084. ISBN 978-92-3-100707-1.

3. European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. 38 p. DOI: 10.2766/153756. ISBN 978-92-76-54190-5.

4. Алпатова О. Б. Использование информационно-коммуникационных технологий в процессе формирования общекультурных компетенций в высшей школе // Роль информационно-коммуникационных технологий в сфере гуманитарного образования: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (г. Москва, 25 мая 2023 г.) / под общ. ред. Н. В. Николаевой. М.: Московский университет МВД России имени В. Я. Кикотя, 2023. С. 70–72. EDN: GYETQL.

5. Цветков В. Л., Хрусталева Т. А., Артемова К. М. Образовательные технологии в высшей школе в контексте клипового мышления современных студентов // Психология и педагогика служебной деятельности. 2025. № 4. С. 105–109. EDN: ONLOSY.

6. Miao F., Holmes W. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023. 44 p. DOI: 10.54675/EWZM9535. ISBN 978-92-3-100612-8.

7. Miao F., Holmes W., Huang R., Zhang H. AI and education: guidance for policy-makers. Paris: UNESCO, 2021. 45 p. DOI: 10.54675/PCSP7350. ISBN 978-92-3-100447-6.

8. OECD. AI and the Future of Skills. Volume 1: Capabilities and Assessments. Paris: OECD Publishing, 2021. 334 p. (Educational Research and Innovation). DOI: 10.1787/5ee71f34-en.

9. Hwang G.-J., Xie H., Wah B. W., Gašević D. Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education // Computers and Education: Artificial Intelligence. 2020. Vol. 1. Art. 100001. DOI: 10.1016/j.caeai.2020.100001.

10. Crompton H., Burke D. Artificial intelligence in higher education: the state of the field // International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2023. Vol. 20. Art. 22. DOI: 10.1186/s41239-023-00392-8.

11. Kasneci E., Sessler K., Küchemann S., Bannert M., Dementieva D., Fischer F., et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education // Learning and Individual Differences. 2023. Vol. 103. Art. 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

12. Dempere J., Modugu K., Hesham A., Ramasamy L. K. The impact of ChatGPT on higher education // Frontiers in Education. 2023. Vol. 8. Art. 1206936. DOI: 10.3389/feduc.2023.1206936.

13. Chu H.-C., Hwang G.-H., Tu Y.-F., Yang K.-H. Roles and research trends of artificial intelligence in higher education: A systematic review of the top 50 most-cited articles // Australasian Journal of Educational Technology. 2022. Vol. 38. Is. 3. P. 22–42. DOI: 10.14742/ajet.7526.

14. Лухтина М. А., Миронов А. Г. Искусственный интеллект в современном образовании: угрозы и перспективы использования // Современные тенденции развития системы подготовки обучающихся: региональная практика: материалы международной научной конференции (г. Красноярск, 3 декабря 2024 г.). Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2025. С. 280–283. EDN: WWQBSH.

15. Дудина О. В. Формирование цифровой компетентности будущих педагогов-психологов // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. 2022. Т. 28. № 3. С. 82–87. DOI: 10.18287/2542-0445-2022-28-3-82-87.

16. Ястребова Л. А., Дохоян А. М., Маслова И. А. Влияние цифровых компетенций педагогов специального и инклюзивного образования на эффективность их профессиональной деятельности // Перспективы науки и образования. 2023. № 6 (66). С. 278–298. DOI: 10.32744/pse.2023.6.16.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 376.37
DOI

CC BY 4.0

# ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УЧИТЕЛЯ-ЛОГОПЕДА С РОДИТЕЛЯМИ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

**Архипова С. В. ORCID ID 0000-0002-6241-6111,**
**Астафьева Д. В. ORCID ID 0009-0006-6319-8300,**
**Гришина О. С. ORCID ID 0000-0002-6726-9624**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева», Саранск, Российская Федерация, e-mail: arhipova.swetlana2011@yandex.ru*

В условиях цифровой трансформации образования особую актуальность приобретает совершенствование процесса взаимодействия учителя-логопеда с родителями детей дошкольного возраста с речевыми нарушениями, поскольку эффективность логопедического воздействия во многом определяется его систематичностью как в образовательной организации, так и в семье. Одной из актуальных проблем является недостаточная оперативность традиционных форм консультативного сопровождения родителей. Цель исследования заключается в теоретическом обосновании возможностей применения инструментов искусственного интеллекта, в частности чат-бота, в системе взаимодействия учителя-логопеда с родителями детей дошкольного возраста с нарушениями речи. В качестве материалов для проведения исследования были использованы нормативные документы, научные исследования в области информатики и логопедии, а также результаты анкетирования родителей детей дошкольного возраста с нарушениями речи. В исследовании использовались методы контент-анализа нормативной базы, анализа и синтеза научной литературы, обобщения и интерпретации собранных научных и эмпирических данных. В ходе исследования выявлены основные трудности родителей при организации домашней работы с ребенком по заданиям логопеда, установлены недостатки традиционных форм взаимодействия и обоснована целесообразность внедрения инструментов искусственного интеллекта, в частности чат-бота, в систему взаимодействия учителя-логопеда с семьей для обеспечения непрерывности и повышения эффективности логопедического сопровождения.

**Ключевые слова: взаимодействие, взаимодействие учителя-логопеда с родителями, искусственный интеллект, чат-бот**

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN TEACHER-PARENT INTERACTION: DIAGNOSTIC ASPECT

**Arkhipova S. V. ORCID ID 0000-0002-6241-6111,**
**Astafeva D. V. ORCID ID 0009-0006-6319-8300,**
**Grishina O. S. ORCID ID 0000-0002-6726-9624**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Mordovia State Pedagogical University named after M. E. Evsevev", Saransk, Russian Federation, e-mail: arhipova.swetlana2011@yandex.ru*

In the context of the digital transformation of education, the improvement of the process of interaction between a speech therapist and the parents of preschool children with speech disorders is particularly relevant, as the effectiveness of speech therapy is largely determined by its systematic nature both in educational institutions and in the family. One of the current challenges is the lack of efficiency in traditional forms of counseling for parents. The purpose of this study is to provide a theoretical basis for the use of artificial intelligence tools, particularly chatbots, in the interaction between speech therapists and the parents of preschool children with speech disorders. The study used regulatory documents, scientific research in the fields of computer science and speech therapy, as well as the results of a questionnaire survey of parents of preschool children with speech disorders. The study employed content analysis of the regulatory framework, analysis and synthesis of scientific literature, and generalization and interpretation of the collected scientific and empirical data. The study identified the main difficulties faced by parents when organizing home work with their children based on speech therapist assignments, identified the shortcomings of traditional forms of interaction, and substantiated the feasibility of introducing artificial intelligence tools, particularly chatbots, into the system of interaction between speech therapists and families to ensure continuity and improve the effectiveness of speech therapy support.

**Keywords: interaction, interaction between a speech therapist and parents, artificial intelligence, chatbot**

## Введение

В условиях реализации государственной политики цифровой трансформации образования использование технологий искусственного интеллекта приобретает особую актуальность для обеспечения доступности и качества психолого-педагогического сопровождения детей дошкольного возраста, в том числе имеющих речевые нарушения [1]. Согласно Указу Президента

Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», под искусственным интеллектом понимается комплекс технологических решений, обеспечивающих имитацию когнитивных функций человека, анализ информации и адаптивное принятие решений [2].

В Федеральном государственном образовательном стандарте дошкольного образования, утвержденном приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2013 г. № 1155, речевое развитие, включая формирование звуковой культуры речи, выделено в качестве приоритетного направления [3]. Как подчеркивает Е. Ф. Архипова, дошкольный возраст является наиболее сензитивным периодом для становления произносительной стороны речи, поскольку именно в это время активно развиваются артикуляционная моторика и фонематическое восприятие, определяющие успешность последующего речевого развития [4].

В контексте логопедической практики технологии искусственного интеллекта открывают широкие возможности для автоматизации диагностических процедур и персонализации коррекционных маршрутов [5, 6]. Они позволяют выявлять паттерны речевых нарушений у детей, что способствует повышению объективности оценки и сокращению времени первичного анализа [6]. Вместе с тем эффективность автоматизации и персонализации логопедической помощи обеспечивается активным взаимодействием с родителями, поскольку именно семейное сопровождение способствует закреплению формируемых речевых навыков в естественных условиях общения [7].

Именно поэтому выстраивание продуктивного взаимодействия между учителем-логопедом и семьей ребенка приобретает ключевое значение. В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (ред. от 23 мая 2025 г.), родители (законные представители) выступают полноправными участниками образовательных отношений, что предполагает их активное вовлечение в процесс коррекционно-развивающей работы [8]. Учитель-логопед выступает в роли организатора, координатора и консультанта [9]. При этом важно подчеркнуть, что родители выступают не в роли логопеда или помощника логопеда, а как близкие взрослые, чья позиция заключается в возможности наблюдать за прогрессом ребенка, помогать в выполнении домашних заданий и поддерживать его мотивацию в естественных условиях семейного общения [9]. Именно семья является первой и самой влиятельной социальной средой для ребенка, и именно здесь закладываются основы его речевого развития. Без такого системного взаимодействия даже самые качественные логопедические занятия не дадут устойчивого результата, поскольку вне специализированных встреч ребенок возвращается в привычную речевую среду, которая либо закрепляет правильные речевые навыки, либо нивелирует достижения специалиста [9].

Под взаимодействием в данном контексте понимается системная, целенаправленная деятельность специалиста и семьи, направленная на координацию коррекционно-развивающих воздействий, обеспечение преемственности логопедической работы в образовательной организации и дома, а также создание единой речевой среды для ребенка [10]. Данное определение основано на подходе Л. С. Вакуленко, которая рассматривает взаимодействие учителя-логопеда с семьями воспитанников как системную организацию совместной деятельности специалиста и родителей, обеспечивающую преемственность коррекционной работы в условиях детского сада и дома [10].

В логопедической практике традиционно используются несколько форм взаимодействия с родителями [11]. Они охватывают как индивидуальные консультации, так и совместные занятия (логопед – ребенок – родитель), групповые занятия, тренинги, информационные семинары, а также регулярное информирование родителей о прогрессе ребенка, обсуждение возникающих вопросов через различные каналы связи. Достоинства данных форм взаимодействия заключаются в личном контакте, возможности наглядной демонстрации, эмоциональной поддержке и непосредственной обратной связи. Наряду с достоинствами имеются и определенные недостатки, которые связаны: с ограниченностью по времени – специалист не всегда доступен вне рабочих часов; недостаточной оперативностью – родитель сталкивается с трудностью сегодня, а консультация назначена через неделю; недостатком наглядных материалов для домашней работы; трудностями с контролем правильности выполнения упражнений родителями [11].

Вместе с тем результаты исследований свидетельствуют о том, что традиционные формы взаимодействия учителя-логопеда с родителями (очные беседы, консультации, родительские собрания, информационные стенды, домашние тетради совместной деятельности и др.), а также неструктурированная коммуникация в социальных мессенджерах не всегда обеспечивают опера-

тивную обратную связь, доступность методических рекомендаций и своевременную коррекцию возникающих трудностей [12]. Несмотря на то, что социальные мессенджеры (включая отечественные аналоги) используются в образовательной практике уже длительное время, их применение носит преимущественно спонтанный, несистематизированный характер и не позволяет обеспечить персонализированное, структурированное логопедическое сопровождение семьи с фиксацией этапов коррекционного маршрута ребенка [12]. В этой связи возникает объективная необходимость внедрения новых, более гибких, оперативных и доступных инструментов взаимодействия специалиста и семьи и, в частности, инструментов искусственного интеллекта [6].

Одним из перспективных инструментов искусственного интеллекта, который может содействовать достижению необходимого уровня взаимодействия учителя-логопеда с родителями, может стать чат-бот – программное средство, обеспечивающее диалоговое взаимодействие пользователя с системой посредством обмена текстовыми или голосовыми сообщениями [8, 9].

Функциональные возможности чат-бота могут способствовать объединению оперативности, наглядности (видео, анимированные материалы, инфографика), персонализации (адаптация под конкретного ребенка с учетом этапа коррекционной работы) и доступности (мобильный формат, удобный для занятых родителей). Его технологической основой служит взаимодействие с большой языковой моделью через API. Эта модель представляет собой нейросетевую систему обработки естественного языка, обученную на значительных массивах текстовых данных и способную анализировать смысловое содержание речевых запросов, выявлять контекст взаимодействия, интерпретировать пользовательские намерения и генерировать содержательно релевантные ответы в диалоговом формате. API выступает технологическим механизмом обмена данными между пользовательским интерфейсом чат-бота и языковой моделью, обеспечивая передачу текстового запроса и получение оперативного ответа. В контексте коррекционной работы чат-бот можно рассматривать как инструмент, потенциально способный содействовать оперативному, персонализированному и доступному сопровождению родителей в процессе занятий с ребенком [10, 11]. При этом важно отметить, что чат-бот ни в коей мере не может заменить работу учителя-логопеда и отменить его личное общение с родителями – напротив, он может способствовать интенсификации и дополнению традиционных форм взаимодействия [13].

Таким образом, изучение специфических трудностей, с которыми сталкиваются родители в ходе взаимодействия с учителем-логопедом, их готовности к внедрению инструментов искусственного интеллекта в систему данного взаимодействия, представляют собой важное направление исследования, имеющее как теоретическое, так и практическое значение для совершенствования логопедической помощи детям дошкольного возраста с нарушениями речи.

**Цель исследования** – теоретическое обоснование возможностей применения инструментов искусственного интеллекта, в частности чат-бота, в системе взаимодействия учителя-логопеда с родителями детей дошкольного возраста с нарушениями речи. В рамках исследования решались задачи по выявлению особенностей организации взаимодействия учителя-логопеда с родителями, определению основных трудностей родителей при организации домашней работы по заданиям логопеда, оценке цифрового профиля родителей и их отношения к внедрению чат-бота для оперативного взаимодействия с учителем-логопедом.

## Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовались материалы (нормативные документы, научные исследования в области информатики и логопедии, а также результаты анкетирования родителей детей дошкольного возраста с нарушениями речи) и методы (контент-анализ нормативной базы, анализ и синтез научной литературы, обобщение и интерпретация собранных научных и эмпирических данных).

Эмпирическое исследование проводилось среди родителей (законных представителей) воспитанников дошкольных образовательных организаций Республики Мордовия и Пензенской области: МАДОУ «Центр развития ребенка – детский сад № 17», МДОУ ДС № 65, 97, 122 комбинированного вида г. о. Саранск, СП ДС №18 комбинированного вида МБОУ ДС «Радуга» комбинированного вида Рузаевского муниципального района Республики Мордовия, МБДОУ ДС № 29 г. Кузнецка Пензенской области.

Критерии включения респондентов в выборку: характер речевых нарушений у ребенка (в выборку включены родители детей с разными типами нарушений (фонетическое недоразвитие речи, фонетико-фонематическое недоразвитие речи, общее недоразвитие речи); период участия в коррекционном процессе (включены те родители, кто взаимодействует с логопедом сравнительно

недавно, и те, кто работает со специалистом достаточно давно); опыт взаимодействия с логопедом (в выборку включены родители, которые с разной частотой контактируют со специалистом: посещают консультации, получают домашние задания, участвуют в обсуждениях); текущий уровень цифровой грамотности (выборку составили респонденты, которые активно пользуются мессенджерами или специализированными образовательными платформами).

Критерии исключения родителей из выборки: иные, не предусмотренные типы речевых нарушений у их ребенка; наличие у ребенка сопутствующих нарушений; невозможность обеспечить условия для участия в анкетировании (родитель объективно по разным причинам не может стабильно пользоваться мессенджерами/цифровыми платформами); этические обстоятельства (наличие конфликтных ситуаций взаимодействия родителей с логопедом, или категорический отказ родителей обсуждать темы, связанные с их ребенком, или др.). Общий объем выборки составил 80 респондентов. Все родители дали информированное согласие на участие в исследовании.

Сбор эмпирических данных осуществлялся в феврале – марте 2026 г. посредством анкетирования с использованием сервиса Google Forms. Ссылка на электронную анкету распространялась через администрацию дошкольных образовательных организаций и учителей-логопедов. Время заполнения анкеты составляло 7–10 мин.

Для диагностики была разработана анкета, включающая 15 вопросов с закрытыми вариантами ответов, разделенных на три блока: I – общая информация о ребенке и его логопедическом сопровождении (вопросы 1–3); II – формы взаимодействия родителей с учителем-логопедом по организации домашних занятий (вопросы 4–10); III – использование цифровых инструментов родителями и их отношение к чат-боту (вопросы 11–15). Вопросы 9, 10 и 15 предусматривали множественный выбор, остальные – одиночный. Формулировка всех вопросов анкеты представлена в обсуждении результатов исследования.

Обработка полученных данных проводилась с использованием методов описательной статистики. Для вопросов с единственным выбором рассчитывались абсолютные (n) и относительные (%) частоты выбора каждого варианта ответа. Для вопросов с множественным выбором (№ 9, 10, 15) определялась доля респондентов, выбравших каждый вариант, в процентах от общего числа участников (N = 80). Статистический анализ выполнялся с помощью программы Microsoft Excel 2016.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Для решения первой исследовательской задачи был проведен анализ специфики организации взаимодействия учителя-логопеда с родителями детей дошкольного возраста с нарушениями речи. На первый вопрос анкеты «Возраст вашего ребенка» ответы родителей распределились следующим образом: 56 респондентов (70,0 %) воспитывают детей в возрасте 6–7 лет, 19 (23,75 %) – детей 5–6 лет, 5 (6,25 %) – детей других возрастных категорий (3–4, 4–5, 7 лет). Таким образом, большая часть опрошенных (93,75 %) имеют детей старшего дошкольного возраста (5–7 лет), что соответствует периоду наиболее интенсивного логопедического сопровождения. Отвечая на вопрос анкеты «Посещает ли ваш ребенок логопедические занятия?», 55 респондентов (68,75 %) указали на регулярное посещение ребенком логопедических занятий, 17 (21,25 %) – отметили их периодическое посещение, 8 (10,0 %) – выбрали вариант «только недавно начали занятия». Данные результаты свидетельствуют о высокой востребованности логопедического сопровождения на этапе дошкольного детства. На вопрос «Как давно у ребенка выявлены речевые нарушения?» 47 респондентов (58,75 %) ответили, что нарушения выявлены более года назад, 20 (25,0 %) затруднились определить точную продолжительность оказываемой логопедической помощи, 9 (11,25 %) отметили от шести месяцев до года, 4 (5,0 %) – менее шести месяцев. Полученные данные свидетельствуют о том, что у 58,75 % детей речевые проблемы носят затяжной характер, что подтверждает необходимость длительной и систематической коррекционной работы. При ответе на вопрос о частоте общения с логопедом относительно занятий их детей выяснилось, что 37 опрошенных (46,25 %) поддерживают постоянный контакт с логопедом, встречаясь еженедельно. Еще 16 участников исследования (20,0 %) общаются со специалистом несколько раз в месяц. Группа из 18 респондентов (22,5 %) сообщила о редких контактах, а 9 чел. (11,25 %) отметили, что практически не взаимодействуют с логопедом. При этом в ответ на вопрос «Получаете ли вы рекомендации для занятий с ребенком дома?» 74 респондента (92,5 %) регулярно получают домашние задания от учителя-логопеда, что свидетельствует о некоторой доли формальной вовлеченности семьи в коррекционный процесс. Однако факт получения заданий не гарантирует их качественного выполнения и регулярной обратной связи со специалистом: лишь

37 респондентов (46,25%) поддерживают еженедельное взаимодействие с логопедом, а 24 родителя (30,0%) понимают рекомендации лишь в общих чертах, при этом 7 опрошенных (8,75%) периодически или постоянно испытывают трудности с интерпретацией инструкций. Полученные данные свидетельствуют о наличии разрыва между формальным получением методических материалов и качеством их освоения, что обусловливает необходимость внедрения более наглядных, доступных и оперативных форматов разъяснения содержания коррекционной работы. В ходе проведения исследования было выяснено, как родители воспринимают инструкции, предоставляемые учителем-логопедом. На вопрос «Насколько понятны вам рекомендации логопеда?» были получены следующие ответы: 49 респондентов (61,25%) полностью понимают рекомендации, для 24 опрошенных (30,0%) рекомендации в целом понятны, 6 (7,5%) иногда испытывают трудности с пониманием, а 1 родитель (1,25%) указал, что часто не понимает, как выполнять с детьми задания учителя-логопеда. Важно подчеркнуть, что вопрос анкеты «Насколько понятны вам рекомендации логопеда?» (вопрос 6) фиксировал субъективную оценку общего понимания рекомендаций, тогда как вопрос «С какими трудностями вы сталкиваетесь при домашних занятиях?» (вопрос 9) выявлял конкретные практические трудности при выполнении упражнений. Родитель мог в целом понимать назначение задания, но испытывать затруднения в технической правильности его выполнения (например, в артикуляторной позиции языка, силе выдоха, последовательности действий). Поэтому данные вопроса 9 не дублируют, а конкретизируют и дополняют результаты вопроса 6, отражая разницу между пониманием инструкции и умением ее реализовать на практике. Исследование частоты и регулярности проведения домашних занятий родителей с ребенком по заданию логопеда (вопрос «Как часто вы занимаетесь с ребенком дома по рекомендациям логопеда?») выявило следующее: 53 респондента (66,25%) занимаются с ребенком несколько раз в неделю, 21 (26,25%) – организуют подобные занятия ежедневно, 6 (7,5%) – занимаются редко, а вариант «практически не занимаемся» не выбрал ни один из опрошенных. Вопрос «Сколько времени обычно занимают домашние занятия?» выявил продолжительность домашних занятий: она составила у 31 респондента (38,75%) более 15 мин, у 27 (33,75%) – от 5 до 10 мин, у 19 (23,75%) – от 10 до 15 мин, а вариант «до 5 мин» отметили 3 чел. (3,75%). Полученные данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне мотивации родителей к организации систематической домашней работы с ребенком.

При решении второй исследовательской задачи были выявлены основные трудности, с которыми родители сталкиваются при организации домашней работы с ребенком. Участникам анкетирования предлагалось ответить на вопрос «С какими трудностями вы сталкиваетесь при домашних занятиях?». Наиболее распространенной проблемой оказалась нехватка времени у родителей – 40 респондентов (50,0%). На отказ ребенка выполнять задания указали 30 опрошенных (37,5%). Трудности контроля правильности выполнения заданий логопеда отметили 22 родителя (27,5%). Недостаточное понимание того, как правильно выполнять логопедические упражнения, испытывают 12 респондентов (15,0%). Недостаток наглядной демонстрации отметили 7 родителей (8,75%). При этом 2 участника анкетирования (2,5%) отметили, что ребенок не воспринимает родителя как педагога. Анализ востребованных форм оказания помощи со стороны логопеда (вопрос «Какая помощь со стороны логопеда была бы для вас наиболее полезной?») проводился с учетом возможности множественного выбора. Результаты показали, что 39 респондентов (48,75%) заинтересованы в игровых заданиях для ребенка, 36 (45,0%) – в показе упражнений с видеодемонстрацией, 25 (31,25%) – в подробных текстовых инструкциях выполнения упражнений, 22 (27,5%) – в возможности оперативно задать вопрос специалисту в удаленном формате, 18 (22,5%) – в напоминаниях о домашних занятиях. Совокупность полученных данных свидетельствует о необходимости внедрения гибкой системы оперативного взаимодействия, способной объединить все перечисленные форматы поддержки.

В ходе решения третьей исследовательской задачи оценивался цифровой профиль родителей и их отношение к внедрению чат-бота для оперативной связи со специалистом. Анализ показал, что подавляющее большинство родителей позитивно оценивают мобильный формат получения логопедических рекомендаций. Так, отвечая на вопрос «Насколько вам удобно получать рекомендации в мобильном формате?», 51 респондент (63,75%) отметил, считает его очень удобным, а 20 (25,0%) – скорее удобным. Лишь 2 родителя (2,5%) выразили недовольство, а 7 (8,75%) отнеслись к данному формату нейтрально. Таким образом, 71 респондент (88,75%) в совокупности оценивает мобильный

формат как удобный или скорее удобный, что подтверждает высокий потенциал использования такой формы взаимодействия логопеда с родителями. На вопрос «Как вы относитесь к идее использования чат-бота для более оперативного взаимодействия родителей с учителем-логопедом?» отношение оказалось в целом позитивным. Полностью поддерживают данную инициативу 8 респондентов (10,0%), скорее поддерживают – 45 (56,25%). Таким образом, 53 респондента (66,25%) высказались в поддержку внедрения чат-бота. Затруднились с ответом 20 респондентов (25,0%), что может свидетельствовать об их недостаточной информированности о широких возможностях подобных инструментов искусственного интеллекта. Отрицательное отношение выразили лишь 7 респондентов (8,75%). Полученные данные свидетельствуют о готовности большинства семей к использованию цифровых помощников в системе взаимодействия родителей с учителем-логопедом. Согласно результатам исследования, направленного на выявление предпочтений родителей относительно функционала чат-бота (вопрос «Какие функции чат-бота были бы для вас наиболее полезны?»), 50 респондентов (62,5%) отметили важность наличия видеоинструкций с упражнениями; 42 участникам опроса (52,5%) необходима информация об этапах речевого развития их детей; 30 (37,5%) – заинтересовались комплексом упражнений, направленных на автоматизацию и дифференциацию звуков речи; 25 родителей (31,25%) предпочли бы функцию отправки аудиозаписей речи ребенка специалисту; 22 опрошенных (27,5%) рассчитывали на получение ответов на часто задаваемые вопросы; 19 (23,75%) – оценили бы полезность напоминаний о выполнении домашних заданий. Только 2 респондента (2,5%) предпочли не отвечать на данный вопрос.

Результаты анкетирования родителей продемонстрировали их готовность выполнять домашние задания, предложенные логопедом. Вместе с тем опрос обозначил ряд сложностей: неясность некоторых указаний логопеда, затруднения в оценке правильности выполнения упражнений, дефицит свободного времени и потребность в более понятных и доступных наглядных материалах. Анализ ответов родителей свидетельствует о целесообразности внедрения гибкой системы оперативного взаимодействия, способной объединить все перечисленные формы поддержки, и подтверждает необходимость разработки специализированного ресурса для синхронизации действий логопеда и родителей [14].

На основе анализа традиционных форм взаимодействия и выявленных трудностей родителей при организации домашней работы с ребенком планируется создание чат-бота на базе отечественной языковой модели (GigaChat, YandexGPT) с взаимодействием через API. Предполагается, что такой инструмент может содействовать поддержанию преемственности логопедического сопровождения между очными занятиями, а также обеспечивать родителям оперативный доступ к подборкам персонализированных рекомендаций и информационных материалов. Снижение риска ошибочных ответов может быть обеспечено за счет преднастроенных промптов, релевантной выборки из верифицированной базы знаний и пост-модерации учителем-логопедом, который осуществляет валидацию рекомендаций через административный интерфейс. История обращений будет фиксироваться в защищенной базе данных с применением анонимизированных идентификаторов; персональные данные и аудиозаписи детей будут подлежать шифрованию (TLS, AES-256) и обрабатываться в соответствии с требованиями Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных» на основании письменного согласия законных представителей [13, 15]. При этом эффективность указанных возможностей подлежит проверке в ходе последующей эмпирической апробации.

## Заключение

Проведенное исследование позволило выявить, что традиционные формы взаимодействия учителя-логопеда с родителями в условиях цифровизации образования характеризуются ограниченной оперативностью обратной связи и недостаточной персонализацией сопровождения. Внедрение инструментов искусственного интеллекта, в частности чат-бота, в новые формы взаимодействия учителя-логопеда с родителями рассматривается как возможность преодолеть указанные ограничения и создать условия для более систематической логопедической помощи. Использование функционала чат-бота может способствовать выстраиванию процесса регулярного логопедического сопровождения ребенка. Вероятно, это позволит повысить степень персонализации рекомендаций, обеспечить оперативную консультативную поддержку и адаптировать упражнения с учетом характера речевых трудностей ребенка. Предполагается, что подобные технологические решения способны перевести модель информирования родителей из статичного формата

в более динамичную систему диалогового сопровождения, в которой ответы чат-бота формируются с опорой на контекст предыдущих обращений и текущие задачи коррекционного этапа.

Дальнейшее исследование будет направлено на разработку чат-бота, программную реализацию его функциональных модулей и их последующую эмпирическую апробацию в условиях реальной логопедической практики.

## Список литературы


1. Комарова И. И. Будущее дошкольного образования в эпоху цифровизации // Современное дошкольное образование. 2018. № 8 (90). С. 16–25. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/buduschee-doshkolnogo-obrazovaniya-v-epohu-tsifrovizatsii (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.24411/1997-9657-2018-10032.

2. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» // Гарант.ру. [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/72838946/ (дата обращения: 27.04.2026).

3. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2013 г. № 1155 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования» // Гарант.ру. [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70412244/ (дата обращения: 27.04.2026).

4. Архипова Е. Ф. Если у ребенка общее недоразвитие речи // Современное дошкольное образование. 2017. № 2 (74). С. 38–43. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/esli-u-rebenka-obschee-nedorazvitie-rechi (дата обращения: 27.04.2026). EDN: YFUXOD.

5. Котлярова И. О. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2022. № 3. С. 69–82. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-obrazovanii-2 (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.14529/ped220307.

6. Хоменко А. А., Зинченко И. В., Брызгалова Ю. В. Диагностика речевых нарушений у дошкольников с помощью искусственного интеллекта // Педагогическая перспектива. 2024. № 1 (13). С. 58–65. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-rechevyh-narusheniy-u-doshkolnikov-s-pomoschyu-iskusstvennogo-intellekta (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.55523/27822559_2024_1(13)_58.

7. Архипова С. В., Кузоятова М. В., Лазуткина О. Р. Научно-методические аспекты применения электронных образовательных ресурсов в логопедической практике // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2023. № 11. С. 45–49. URL: http://www.nauteh-journal.ru/index.php/2/2023/№11/b20642d3-93b0-45fd-8107-1a82152f116b (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.37882/2223-2982.2023.11.02.

8. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 23.05.2025) «Об образовании в Российской Федерации» // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 27.04.2026).

9. Самойлюк Л. А., Логунова К. Г., Соломенникова А. А. Включенность родителей в процесс логопедической работы как одно из условий ее эффективности (на примере реабилитационного центра) // Педагогический ИМИДЖ. 2022. № 2. С. 229–242. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vklyuchyonnost-roditeley-v-protsess-logopedicheskoy-raboty-kak-odno-iz-usloviy-eyo-effektivnosti-na-primere-reabilitatsionnogo (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.32343/2409-5052-2022-16-2-229-242.

10. Вакуленко Л. С. Взаимодействие учителя-логопеда с семьями воспитанников в условиях детского сада // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 64–4. С. 33–36. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-uchitelya-logopeda-s-semyami-vospitannikov-v-usloviyah-detskogo-sada (дата обращения: 27.04.2026). EDN: EWVSDW.

11. Сквирская М. А., Шрамко И. И. Возможности использования современных онлайн-ресурсов в работе учителя-логопеда: от молодых специалистов до педагогов со стажем // Вестник науки и образования. 2025. № 4 (159)–1. С. 106–111. URL: https://scientificjournal.ru/images/PDF/2025/159/VNO-4-159-I-.pdf (дата обращения: 27.04.2026). EDN: FOOZFO.

12. Яхьяева З. И., Батаева С. Х., Батаева М. Х. Использование цифровых технологий в логопедической практике: эффективность и ограничения // Учет и контроль. 2026. № 1. С. 139–146. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=88997512 (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.36871/u.i.k.2026.01.01.014.

13. Воронова Д. Ю. Этические аспекты использования искусственного интеллекта в образовательном процессе // Журнал правовых и экономических исследований. 2025. № 2. С. 19–27. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82681124 (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.26163/GIEF.2025.97.18.002.

14. Архипова С. В., Душкина А. А., Кузоятова М. В. Научно-методические аспекты применения образовательных онлайн-конструкторов в формировании лексики у дошкольников с общим недоразвитием речи // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Гуманитарные науки». 2025. № 11 (3). С. 47–50. URL: http://www.nauteh-journal.ru/index.php/2/2025/%E2%84%9611/3/8e539c64-43de-45e0-9a76-b32425aca553 (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.37882/2223-2982.2025.11-3.06.

15. Максименко Л. А., Земцова Е. Г. Этика и ответственность применения сервисов генеративного искусственного интеллекта в учебном процессе // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2025. № 1. С. 169–174. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82267904 (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.33764/2687-041X-2025-1-169-174.



**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Финансирование осуществлялось за счет средств гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева и Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева) по теме «Ресурсное обеспечение инклюзивного образования».

**Financing:** The funding was provided by a grant for research in priority areas of scientific activity of partner universities for networking (Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev and Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evsevev) on the topic “Resource support for inclusive education”.

УДК 372.882:378.1
DOI

CC BY 4.0

# ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРОССКУЛЬТУРНОЙ МЕДИАЦИИ В ВУЗОВСКОМ ЛИТЕРАТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

**Бирюкова О. И. ORCID ID 0000-0001-9904-9602**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева», Саранск, Российская Федерация, e-mail: olgbirukova@rambler.ru*

Кросскультурная медиация рассматривается как вид учебно-познавательной деятельности, обеспечивающий диалог между «своим» и «чужим» культурными кодами в литературном образовании вуза. Актуальность обращения к этой категории связана с кризисными явлениями современной методики преподавания литературы, неумением современного студента-читателя выстраивать связный культурный комментарий и удерживать диалогическую позицию по отношению к тексту иной эпохи. Целью статьи является обоснование дидактического потенциала кросскультурной медиации применительно к дисциплине «История русской литературы XVIII века» и описание подходов к формированию медиативной компетенции будущего учителя-словесника на материале текстов, в которых западноевропейские образцы освоены и переработаны русской культурой. На примере сатиры А. Д. Кантемира «На хулящих учение. К уму своему», соотнесенной с сатирической традицией Н. Буало, и оды М. В. Ломоносова «На взятие Хотина», синтезирующей немецкую одическую традицию с русской державной риторикой, показано, как студент реконструирует медиативную работу, некогда проделанную авторами XVIII века. Предложены и апробированы четыре подхода к формированию медиативных умений (сравнительно-нарратологический, диалогический, лингвокультурологический и проектно-деятельностный), реализуемые в единой последовательности от анализа к самостоятельному созданию медиативного продукта. Доказано, что медиативный подход не заменяет сравнительно-исторический анализ текста, а дополняет его, требуя от студента-филолога деятельностного освоения механизма культурного заимствования.

**Ключевые слова: кросскультурная медиация, литературное образование, диалог, подход, компетенция, русская литература**

# DIDACTIC POTENTIAL OF CROSS-CULTURAL MEDIATION IN UNIVERSITY LITERARY EDUCATION

**Biryukova O. I. ORCID ID 0000-0001-9904-9602**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev", Saransk, Russian Federation, e-mail: olgbirukova@rambler.ru*

Cross-cultural mediation is considered a type of educational and cognitive activity that facilitates a dialogue between "one's own" and "other" cultural codes in literary education at a university. The relevance of this approach is linked to the crisis in contemporary literature teaching methods and the inability of modern student readers to construct coherent cultural commentary and maintain a dialogic position in relation to texts from another era. The aim of this article is to substantiate the didactic potential of cross-cultural mediation as applied to the course "History of 18th-Century Russian Literature" and to describe approaches to developing the mediation competence of future literature teachers using texts in which Western European models have already been adapted to Russian culture. Using the example of A.D. Kantemir's satire "On Those Who Blaspheme the Teaching. To My Mind," correlated with the satirical tradition of N. Boileau, and M.V. Lomonosov's "On the Capture of Khotin," which synthesizes the German odic tradition with Russian imperial rhetoric, demonstrates how a student reconstructs the mediation work once performed by 18th-century authors. Four approaches to developing mediation skills (comparative-narratological, dialogic, linguacultural, and project-based) are proposed and tested, implemented in a single sequence from analysis to the independent creation of a mediation product. It is demonstrated that the mediation approach does not replace comparative-historical textual analysis but rather complements it, requiring the student to actively master the mechanism of cultural borrowing.

**Keywords: cross-cultural mediation, literary education, dialogue, approach, competence, Russian literature**

## Введение

Современное литературное образование в вузе развивается в условиях, когда межкультурное взаимодействие превратилось из периферийного фактора в системообразующий. Это во многом связано с тем, что расширяется академическая мобильность, растет число иностранных студентов, осваивающих программы отечественной филологии, рынок труда запрашивает специалистов, способных работать в поликультурной среде. Ответом на этот запрос в образовании и лингводидактике стало понятие медиации как особого вида речевой деятельности. М. Ю. Афанасьева рассматривает его в узком смысле как «языковое посредничество» [1, с. 228], тогда как В. В. Сафонова предлагает более широкое понимание – средство «налаживания взаимопонимания между участниками межкультурной коммуникации в условиях современного противоречивого ценностно-разделенного мира» [2, с. 153–154]. Также исследователь обосновывает значи-

мость медиативных стратегий для преподавателей и представителей академической элиты, указывая на то, что владение медиативными видами деятельности позволяет им «выступать в роли субъектов диалога гуманитарных культур» [3, с. 50]. В работах Н. Н. Касаткиной [4], М. А. Ниненко, Ю. С. Черняковой [5] представлены модели формирования медиативной компетенции у студентов разных направлений подготовки – от лингвистов до историков. При этом медиация в большинстве работ рассматривается как компонент иноязычной коммуникативной компетенции и связывается прежде всего с переводческой и лингвокультурологической деятельностью. По мнению Ж. Б. Есмурзаевой и И. В. Куламихиной, такая деятельность «направлена на создание общего понимания, преодоления лингвокультурных различий через посредничество» [6].

Применительно к литературному образованию понятие медиации разработано существенно слабее. Значимый вклад в постановку этой проблемы внесли Е. И. Целикова и Е. Р. Ядровская, которые связали медиативную функцию литературного образования с кризисными явлениями современной методики преподавания литературы, прежде всего с неумением читателя выстраивать связный культурный комментарий и удерживать диалогическую позицию по отношению к тексту иной эпохи. По их мнению, задача литературного образования состоит в том, чтобы «через понимание «языка» литературы учить понимать Другого» [7, с. 77].

Особо актуальна обозначенная проблема в подготовке будущего учителя-филолога. Как доказывает О. И. Бирюкова, сегодняшний учитель-словесник должен осознавать, что интерпретация художественного текста «не может оставаться сугубо академической. Она должна быть адаптирована для решения образовательных задач, для передачи читательского и аналитического опыта ученикам» [8, с. 10]. Медиация применительно к литературному тексту рассматривается не как вспомогательная переводческая функция, а как самостоятельная профессиональная компетенция будущего учителя-словесника, обеспечивающая переход от индивидуального читательского впечатления к выстраиванию культурного диалога.

Особую значимость разработка методики кросскультурной медиации приобретает применительно к вузовскому курсу «История русской литературы XVIII века», ориентированному на изучение эпохи, в течение которой русская словесность формировалась в условиях интенсивного диалога с западноевропейскими барочной, классицистической и сентименталистской традициями. Художественные тексты обозначенного периода изначально несут в себе опыт культурного перевода и адаптации, что делает их не иллюстрацией теории медиации, а действующей моделью медиативной деятельности, которую осваивает студент «в качестве повседневного инструмента взаимодействия в многоязычных коммунальных, профессиональных, учебных сообществах» [9, с. 31]. В настоящей статье произведения А. Д. Кантемира и М. В. Ломоносова взяты как показательные примеры в рамках курса, а не как исчерпывающий материал.

**Цель работы** – обосновать дидактический потенциал кросскультурной медиации применительно к курсу «История русской литературы XVIII века», описать подходы к формированию медиативной компетенции будущего учителя-словесника на материале текстов, в которых западноевропейские образцы уже адаптированы к русской культуре.

## Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования послужили сравнительно-исторический и сравнительно-типологический методы, примененные для сопоставления русских текстов XVIII века с их западноевропейскими источниками. Метод педагогического моделирования использован для разработки подходов к формированию медиативной компетенции и обобщения собственного педагогического опыта, результативности апробации разработанных заданий в практике преподавания. Материалом для исследования послужили результаты, полученные в рамках грантов на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева») по темам «Междисциплинарное обучение в системе профессиональной подготовки студентов-филологов» (2024) и «Междисциплинарность как базовая стратегия современного филологического образования в педагогическом вузе» (2025), а также собственного педагогического опыта работы на филологическом факультете МГПУ им. М. Е. Евсевьева.

## Результаты исследования и их обсуждение

Применительно к литературному образованию кросскультурная медиация – это учебно-познавательная деятельность, в ходе которой студент распознает культурно-специфические элементы текста (исторические реалии, аллюзии, жанровую специфику, риторические особенности и др.) и соотносит

их со знаниями иной культурной традиции. Затем учащийся объясняет текст так, чтобы он стал понятен читателю без соответствующего культурного опыта, и осмысляет сам процесс этого культурного перевода. В отличие от лингвистической медиации, ориентированной на передачу информации между носителями разных языков, медиация в литературном образовании работает с многоуровневой системой смыслов художественного текста и потому не сводится к комментированию. Медиатор не транслирует «готовое» культурное знание, а конструирует его заново применительно к конкретной коммуникативной ситуации. Русская литература XVIII века занимает в этом отношении особое положение. Студент реконструирует медиативную работу, которую в свое время проделали авторы обозначенной эпохи, переносившие на русскую почву западноевропейские литературные модели. Такой двойной ресурс обучения превращает изучаемую дисциплину в пространство для формирования медиативных умений. Приведем в качестве примеров апробированные задания, применяемые на курсе «История русской литературы XVIII века».

*Сопоставьте сатиру А. Д. Кантемира «На хулящих учение. К уму своему» с сатирами Н. Буало (например, «Сатира VIII. О человеке»), послужившими для Кантемира одним из литературных ориентиров при освоении классицистической сатирической традиции. Проведите сопоставительный анализ по следующим параметрам: тип адресата – композиция аргументации – характер сатирических масок – итоговый вывод. Определите, что заимствовано буквально, что трансформировано применительно к реалиям русской придворной жизни, а что отброшено как не имеющее соответствия в русской действительности. На основе анализа выполните медиативное задание: представьте, что Вы объясняете иностранному читателю, не знакомому с русской культурой XVIII века, кто такие Критон, Силван и другие персонажи-маски сатиры А. Д. Кантемира и почему их нельзя механически отождествить с масками французской сатиры. Составьте связный культурный комментарий, обеспечивающий понимание текста реципиентом без соответствующего культурного опыта.*

Задание реализует сравнительно-нарратологический подход, выполняя которое, студент видит, что А. Д. Кантемир заимствует у Н. Буало не сюжет и персонажей, а жанровую форму сатиры-монолога. Жанровую форму русский сатирик наполняет отечественным материалом, где ханжа-священник Критон видит в науке источник безбожия; для дворянина Силвана «учение… голод наводит» [10, с. 21]; гуляка Лука полагает, что наука «содружество людей разрушает» [10, с. 21]; щеголь Медор готов сменить Сенеку и Вергилия на «фунт доброй пудры» [10, с. 22]. На этом примере студент убеждается, что медиация – это не констатация «влияния», а объяснение того, как жанровая форма наполняется чуждым французской традиции материалом (церковным землевладением, дворянским невежеством, модой петровской эпохи и т. д.) и потому нуждается в развернутом культурном комментарии.

*Сопоставьте оду М. В. Ломоносова «На взятие Хотина» (1739) с одической традицией немецкого поэта И. Х. Гюнтера, оказавшей влияние на Ломоносова в период его обучения в Германии. Определите, что в русской оде унаследовано от немецкой силлабо-тонической системы стихосложения, что от гюнтеровской одической образности и патетики, что принадлежит собственно русской традиции. На основе анализа выполните медиативное задание: покажите на конкретных примерах характер медиации, которую осуществляет М. В. Ломоносов. Составьте связный комментарий, объясняющий читателю, не знакомому с немецкой одической традицией XVIII века, почему оду Ломоносова нельзя считать простым переводом или подражанием, а следует рассматривать как синтез иноязычной формы с элементами принимающей культуры.*

Задание интегрирует сравнительно-нарратологический и лингвокультурологический подходы, в рамках которых студент не только сопоставляет форму и образность источников, но и работает с лексикой, не имеющей прямых соответствий с немецкой языковой традицией и образной лексикой. Выполняя задание, студент приходит к выводу, что медиация М. В. Ломоносова разворачивается на трех уровнях. Во-первых, метрически ода написана четырехстопным ямбом, который восходит к немецкой силлабо-тонической системе, освоенной поэтом в Марбурге и противопоставленной силлабическому стиху, доминирующему в России XVIII века. Во-вторых, образно-патетический план («Восторг внезапный ум пленил, // Ведет на верьх горы высокой» [11]) обнаруживает гюнтеровскую традицию одического «энтузиазма», внезапного «поэтического восторга» [12, с. 140], возносящего автора над обыденностью, а обращение к античным мифологическим реалиям («Не Пинд ли под ногами зрю? // Я слышу чистых сестр музыку!» [11]) продолжает европейский одический канон. В-третьих, собственно русским, не выводимым ни из немецкой метрики, ни из гюнтеровской образ-

ности, оказывается конкретно-историческое содержание. Тема Хотина, турецко-татарской войны, прославление русского оружия и государственной мощи – это материал, которого нет и не может быть в немецком образце. Итог, к которому должен прийти студент, заключается в том, что медиация в произведении М. В. Ломоносова проявляется на разных уровнях текста, где заимствованное (метр, патетика, мифологический антураж и др.) и национально-специфическое (историческое событие, государственная риторика) интегрированы. Демонстрация этой неразделимости, а не констатация факта «влияния» и составляет ядро медиативного комментария.

Приведенные примеры заданий не являются разрозненными упражнениями, а складываются в систему, включающую четыре взаимосвязанных подхода. *Сравнительно-нарратологический* подход предполагает сопоставление структуры, сюжетных схем произведения и его источника с выявлением русифицированных элементов. *Диалогический подход* ориентирован на воспроизведение ситуации культурной встречи через ролевые игры и дискуссии в формате культурного посредничества. Например, часть студенческой группы выступает от лица французского читателя эпохи классицизма, знакомого с сатирами Н. Буало, и формулирует вопросы к сатире А. Д. Кантемира «На хулящих учение. К уму своему» о том, что в ней кажется избыточным, неясным или непривычным по сравнению с французским образцом. Другая часть студентов, выступая в роли медиатора, отвечает на эти вопросы, объясняя логику масок Критона, Силвана, Луки и Медора и причины их несовпадения с французскими прототипами. Занятие завершается обсуждением того, какие элементы текста оказались наиболее трудными для межкультурного понимания и почему. *Лингвокультурологический подход* – работа с безэквивалентной лексикой. Студенты составляют глоссарий к сатире А. Д. Кантемира, для каждой единицы («боярин», «синод» и т. д.) предлагают перевод, транслитерацию с комментарием или функциональный аналог. *Проектно-деятельностный подход* – создание студентами собственных медиативных продуктов (аннотированных переводов, мультимедийных комментариев, презентаций), например итоговой презентации «Русская литература XVIII века глазами иностранного читателя». Подходы реализуются последовательно – от анализа через коммуникацию к самостоятельному созданию медиативного продукта.

Апробация обозначенных подходов к обучению будущих педагогов-филологов показала положительную динамику по трем направлениям. Во-первых, повысилось качество усвоения историко-литературного материала. Работа с произведением как медиативной конструкцией потребовала более внимательного и многоаспектного анализа текста, чем традиционное комментированное чтение. Во-вторых, у студентов сформировалось устойчивое представление о литературе XVIII века не как о периферийном «переходном» этапе, а как о продуктивном пространстве культурного диалога, что способствует преодолению стереотипа о ее стилистической архаичности. В-третьих, разработанная модель обучения способствовала формированию у студентов универсальных компетенций, востребованных за пределами филологической деятельности, способности выступать посредником между культурными системами, что согласуется с данными о том, что медиативная компетенция является «надкомпетенцией или метакомпетенцией, позволяющей студентам стать высокоэффективными профессионалами в своей сфере» [4, с. 149].

Среди методических трудностей назовем необходимость дополнительной подготовки преподавателя, включающей владение сопоставительным материалом, повышенную трудоемкость медиативных заданий по сравнению с традиционными формами работы, «чтобы адаптировать объекты культурного наследия к новой культурной среде» [13, с. 69]. Кроме того, эффективность диалогической стратегии существенно зависит от качественного состава учебной группы. Отдельного обсуждения заслуживает риск того, что акцент на медиативной, «переводческой» функции текста отодвинет на второй план собственно эстетическое восприятие произведения. Апробация показывает, что этот риск минимизируется, если медиативные задания выстраиваются не как самоцель, а как этап, предваряющий интерпретационную работу с текстом, проявляющуюся в способности к его диалогической интерпретации» [14, с. 246]. Поэтому кросскультурная медиация не отменяет сравнительно-исторический и культурно-исторический подходы к изучению художественного текста, а придает им дополнительное измерение, «при условии методической продуманности… способна стать эффективным инструментом осмысления текста в форме медиации» [15, с. 80].

## Заключение

Кросскультурная медиация представляет собой продуктивную методическую категорию, обладающую дидактическим потенциалом применительно к литературному образованию в вузе. Русская литература XVIII века, сформировавшаяся на пересечении западноевропейской и русской культурных

традиций, является эффективным материалом для формирования у студентов-филологов медиативных умений. Предложенные четыре подхода – сравнительно-нарратологический, диалогический, лингвокультурологический и проектно-деятельностный – апробированы в практике преподавания и показали положительные результаты по трем направлениям. Во-первых, повысилось качество усвоения историко-литературного материала за счет более многоаспектного анализа текста. Во-вторых, сложилось устойчивое представление о русской литературе XVIII века как о пространстве культурного диалога, а не архаичном переходном этапе. В-третьих, сформировались универсальные компетенции культурного посредничества, востребованные в поликультурной образовательной среде. Медиативный подход при этом не заменяет сравнительно-исторический анализ текста, а дополняет его. Если сравнительно-исторический метод устанавливает факт культурного заимствования, то медиативный подход требует от студента деятельностного освоения самого механизма этого заимствования, а не только констатации его факта. Эффективность предложенных решений находится в прямой зависимости от двух основных факторов – это квалификация преподавателя и качественный состав обучаемой аудитории.

## Список литературы


1. Афанасьев М. Ю. Эволюция понятия «медиация» в лингводидактических исследованиях // Вестник Московского городского педагогического университета. Сер. Педагогика и психология. 2025. № 19(3). С. 226–239. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=83164548 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.24412/2076-9121-2025-3-226-239.

2. Сафонова В. В. Лингводидактические размышления о медиативном образовании преподавателя-исследователя в системе языковой подготовки к международному партнерству и сотрудничеству // Вестник МГЛУ. Образование и педагогические науки. 2021. Вып. 1(838). С. 151–164. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45632570 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.52070/2500-3488_2021_1_838_151.

3. Сафонова В. В. Медиативная подготовка в лингвокультурном образовании российской академической элиты // Вестник Московского университета. Сер. 19. Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2024. № 4. С. 50–67. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=72700507 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.55959/MSU-2074-1588-19-27-4-4.

4. Касаткина Н. Н. Развитие медиативной компетенции в рамках языкового профиля студентов, обучающихся по неязыковым направлениям подготовки // Russian Journal of Education and Psychology. 2024. Т. 15. № 3. С. 140–156. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=72705556 (дата обращения: 14.08.2026). DOI: 10.12731/2658-4034-2024-15-3-588.

5. Нинеко М. А., Чернякова Ю. С. Роль медиативной компетенции в современном языковом образовании // Концепт. 2025. № 08. С. 125–139. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82814538 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11155.

6. Есмурзаева Ж. Б., Куламихина И. В. Медиация в международном стандарте оценки языковой компетенции (CEFR) // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2025. № 1(40). С. 1–6. URL: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2025/1/01191.pdf. (дата обращения: 15.08.2026). ISSN: 2413-4066.

7. Целикова Е. И., Ядровская Е. Р. Вопросы методики преподавания литературы и новая актуальность // Мир русского слова. 2021. № 4. С. 73–81. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47378141 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.24412/1811-1629-2021-4-73-81.

8. Бирюкова О. И. Читательская рефлексия в структуре профессиональной подготовки учителя литературы // Образование: путь в профессию. 2026. Т. 3. № 1. С. 7–16. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=89165865 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.51609/3034-1817_2026_3_01_07.

9. Полунина Л. Н. Кросс-лингвистическая медиация в обучении русскому языку как иностранному // Ученичество. 2025. Вып. 3. С. 30–33. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=83043136 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.22405/2949-1061-2025-3-30-33.

10. Русская поэзия XVIII века: хрестоматия / автор-составитель С. А. Джанумов. М.: Просвещение, 1996. 350 с. ISBN: 5-09-006320-6.

11. Ломоносов М. В. Ода блаженныя памяти государыне императрице Анне Иоанновне на победу над турками и татарами и на взятие Хотина 1739 Года // Русская виртуальная библиотека. URL: https://rvb.ru/18vek/lomonosov/01text/01text/01ody_t/001.htm (дата обращения: 15.08.2026).

12. Богданов К. А. Открытые Сердца, закрытые границы (о риторике восторга и беспредельности взаимопонимания) // Новое литературное обозрение. 2009. № 6. С. 136–155. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15132539 (дата обращения: 15.08.2026). EDN: MTDUDH.

13. Архангельский А. Н., Новикова А. А. Трансмедийный поворот в стратегиях обучения: нарративные практики на уроках литературы // Вопросы образования. 2021. № 2. С. 63–81. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46260842 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.17323/1814-9545-2021-2-63-81.

14. Бирюкова О. И. Кросс-культурная компетентность будущего учителя литературы в системе профессиональной подготовки // Казанская наука 2025. № 11. С. 244–246. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=88832724 (дата обращения: 15.08.2026). EDN: UWZFMS.

15. Забелина М. В. Медиация художественного текста в теории и практике арт-медиации // Общество. Среда. Развитие. 2026. № 1. С. 76–81. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=91707772 (дата обращения: 15.08.2026). DOI: 10.53115/19975996_2026_01_076_081.



**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме «Дидактический потенциал кросскультурных нарративов в современном литературном образовании».

**Financing:** The study was carried out within the framework of a grant for conducting research in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev and Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev) on the topic «The didactic potential of cross-cultural narratives in contemporary literary education».

УДК 378.14:372.881.111.1
DOI

CC BY 4.0

# ПРОБЛЕМАТИКА ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ БУДУЩИХ МЕНЕДЖЕРОВ В НЕЯЗЫКОВОМ ВУЗЕ: СТРУКТУРИРОВАННЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Боровко М. В. ORCID ID 0009-0001-5271-4836,**
**Торбик Е. М. ORCID ID 0000-0002-9301-6065,**
**Андиш И. Б. ORCID ID 0000-0001-6774-9778**

*Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Российская Федерация, e-mail: maborovko@fa.ru*

Цифровизация управления, глобализация бизнеса и распространение гибридных форм профессионального взаимодействия усиливают требования к коммуникативной подготовке будущих менеджеров, делая английский язык инструментом профессионального взаимодействия. При этом обучение иностранному языку в неязыковых вузах по-прежнему преимущественно ориентировано на универсальные модели общего и делового английского, что ограничивает учет специфики управленческой коммуникации. Цель исследования – систематизировать современные отечественные и зарубежные исследования по обучению английскому языку студентов направления «Менеджмент» и выявить ключевые тенденции развития данного научного поля. Материалы и методы исследования включали структурированный обзор публикаций, размещенных в открытом доступе в международной базе научных публикаций Elsevier ScienceDirect, Научной электронной библиотеке (eLibrary), а также на международной академической платформе ResearchGate. В финализированный аналитический корпус вошли 15 релевантных исследований, отобранных по критериям тематического соответствия, а общий список литературы статьи составил 26 источников. Для анализа использовались методы сравнительного анализа и тематического кодирования публикаций. Выделены основные направления исследований, определены доминирующие методические подходы и выявлены содержательные дефициты существующих моделей подготовки. Установлено, что управленческий дискурс, цифровые форматы профессионального взаимодействия и междисциплинарная интеграция представлены в исследованиях фрагментарно. Сделан вывод о необходимости разработки более специализированных моделей преподавания английского с целью подготовки будущих менеджеров, учитывающих реальные коммуникативные практики современной управленческой деятельности.

**Ключевые слова: английский для менеджеров, английский для специальных целей, профессиональный английский, менеджмент, неязыковой университет, деловой английский**

# CHALLENGES OF TEACHING ENGLISH TO FUTURE MANAGERS IN NON-LINGUISTIC UNIVERSITIES: A STRUCTURED REVIEW OF CONTEMPORARY RESEARCH

**Borovko M. V. ORCID ID 0009-0001-5271-4836,**
**Torbik E. M. ORCID ID 0000-0002-9301-6065,**
**Andish I. B. ORCID ID 0000-0001-6774-9778**

*Federal State Educational Budgetary Institution of Higher Education "Financial University under the Government of the Russian Federation", Moscow, Russian Federation, e-mail: maborovko@fa.ru*

Digitalization of management, globalization of business, and the spread of hybrid forms of professional interaction increase the requirements for the communicative training of future managers, making English a tool for professional interaction. However, the teaching of foreign languages in non-linguistic universities is still primarily focused on universal models of general and business English, which limits the consideration of the specifics of managerial communication. The purpose of this study is to systematize current domestic and foreign research on teaching English to students in the field of management and identify key trends in the development of this scientific field. The research materials and methods included a structured review of publications available in the open access international scientific publication database Elsevier ScienceDirect, the Scientific Electronic Library (eLibrary), and the international academic platform ResearchGate. The finalized analytical corpus included 15 relevant studies selected based on thematic relevance criteria, and the total literature list of the article consisted of 26 sources. Comparative analysis and thematic coding of publications were used for analysis. The main research areas were identified, the dominant methodological approaches were determined, and the content deficiencies of existing training models were identified. It has been established that managerial discourse, digital formats of professional interaction, and interdisciplinary integration are presented in research in fragments. It is concluded that it is necessary to develop more specialized models of teaching English in order to train future managers who take into account the real communicative practices of modern managerial activity.

**Keywords: English for managers, English for specific purposes, professional English, management, non-linguistic university, Business English**

## Введение

Дигитализация экономики, интернационализация бизнеса и усиление глобальной конкуренции существенно трансформируют управленческую деятельность. Согласно отчету международной консалтинговой корпорации «Делойт» (2025)[1], более 70 % организаций (опрошено 13000 руководителей в сфере бизнеса и управления по всему миру) пересматривают роль среднего менеджмента в условиях внедрения цифровых технологий и искусственного интеллекта, а развитие цифровых и коммуникативных компетенций рассматривается как стратегический приоритет. Международные прогнозы занятости также указывают на устойчивый спрос на управленческие кадры. По данным Бюро статистики труда США[2], для должностей генеральных и операционных менеджеров прогнозируется в среднем около 320 тыс. вакансий ежегодно в период с 2023 по 2033 г., что может указывать на высокую востребованность специалистов с высшим образованием. Одновременно, по данным международной консалтинговой компании «МакКинзи»[3], рынок информационных систем управления персоналом и HR-аналитика становятся важным элементом организационной трансформации, отражая масштабную цифровизацию управленческих процессов.

Российский рынок труда демонстрирует аналогичные тенденции. По данным hh.ru (цит. по: Forbes.ru)[4], в 2024 г. конкуренция среди топ-менеджеров достигла примерно 22 резюме на одну вакансию. В первом квартале 2025 г. число резюме на управленческие позиции выросло на 31 % по сравнению с предыдущим годом, тогда как количество вакансий увеличилось лишь на 6 % (цит. по: РБК)[5].

Таким образом, зарубежная и отечественная аналитика свидетельствует не о снижении спроса на менеджеров, а о росте требований к их цифровой и коммуникативной профессиональной компетентности. В этих условиях профессиональный английский язык становится не просто инструментом деловой коммуникации, а важным элементом подготовки будущих менеджеров к работе в условиях глобальной и цифровой среды.

Концепция «Английский для специальных целей» (ESP) служит теоретическим фундаментом для решения данных задач. В исследовании T. Hutchinson и A. Waters [1] 1987 г. отмечается, что это направление в прикладной лингвистике фокусируется на изучении профессиональных потребностей обучающихся и моделировании аутентичных коммуникативных сценариев. Центральным компонентом ESP выступает анализ потребностей студентов, который определяет цели и содержание обучения. Чуть позже, в 1993 г., V. K. Bhatia [2] в своей работе говорит о том, что формирование ESP неразрывно связано с жанровым подходом, в рамках которого профессиональное общение интерпретируется как совокупность устойчивых жанров, возникающих в специфических институциональных контекстах, а T. Dudley-Evans и M. J. John [3] в 1998 г. пишут о том, что ESP предполагает объединение языковых навыков с предметной областью профессиональной деятельности. В контексте менеджмента это означает освоение таких видов коммуникации, как переговоры, составление стратегических отчетов, проведение проектных презентаций, деловая электронная переписка и оценочные беседы. Профессиональное овладение данными жанрами требует не только владения лексикой и грамматикой, но и понимания должностных ролей, субординации и приемов убеждения. Тем не менее анализ опыта преподавания в неязыковых вузах показывает, что дисциплина «Иностранный язык» зачастую остается ориентированной на общий английский язык или универсальный деловой английский без системной интеграции жанров управленческой коммуникации и институционального контекста деятельности менеджера.

Таким образом, возникает противоречие между быстро изменяющимися требованиями рынка труда и фрагментарностью научных исследований и методических моделей преподавания ESP студентам управленческих специальностей.

Дополнительным аспектом обозначенного противоречия является характер методических решений, представленных в научной литературе. Предварительный

[1] 2025 Global Human Capital Trends – Press Release | Deloitte US // Deloitte [Электронный ресурс]. URL: https://www.deloitte.com/us/en/about/press-room/deloitte-report-aims-to-help-leaders-navigate-complex-workplace-tensions.html (дата обращения: 29.03.2026).

[2] Torpey E. Education level and projected openings, 2023–33 // Bureau of Labor Statistics [Электронный ресурс]. URL: https://www.bls.gov/careeroutlook/2024/article/education-level-and-openings-2023-33.htm?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 29.03.2026).

[3] Krivkovich A. [и др.]. The State of Organizations 2026: Three tectonic forces that are reshaping organizations // McKinsey & Company [Электронный ресурс]. URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-state-of-organizations (дата обращения: 29.03.2026).

[4] Эволюция топ-менеджера: как изменятся требования к руководителям к 2030 году // Forbes.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.ru/mneniya/535622-evolucia-top-menedzera-kak-izmenatsa-trebovania-k-rukovoditelam-k-2030-godu (дата обращения: 29.03.2026).

[5] Тысячи менеджеров попросили о работе на фоне профицита управленцев // RBC.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.ru/mneniya/535622-evolucia-top-menedzera-kak-izmenatsa-trebovania-k-rukovoditelam-k-2030-godu (дата обращения: 29.03.2026).

анализ корпуса публикаций позволяет предположить, что профессионально ориентированное обучение студентов-менеджеров нередко интерпретируется в рамках делового (Business English) и академического английского (EAP) без достаточной адаптации к специфике управленческого дискурса как самостоятельной профессиональной сферы деятельности.

Гипотеза исследования. В связи с этим выдвигается гипотеза о том, что методические подходы к преподаванию ESP студентам – будущим менеджерам преимущественно заимствуются из смежных областей и недостаточно разрабатываются с учетом специфики управленческого дискурса и профессиональных ролей менеджера.

**Цель исследования** – проведение разведочного структурированного обзора научных исследований, посвященных преподаванию ESP студентам управленческих специальностей подготовки в неязыковых вузах, для выявления доминирующих тематических направлений, методологических подходов и исследовательских дефицитов.

Теоретический вклад настоящего исследования заключается в систематизации корпуса публикаций, выделении трех исследовательских фокусов и выявлении структурной фрагментарности существующих подходов. Практическая значимость состоит в обосновании необходимости перехода от формального включения профессиональной лексики к системному моделированию управленческого дискурса в образовательных программах неязыковых вузов.

Ограничением исследования является использование лимитированного числа баз данных и временного диапазона публикаций. В обзор не включены, например, диссертационные исследования, что может влиять на полноту картины. Тем не менее выбранная стратегия позволила сформировать аналитический корпус публикаций, отражающих ключевые направления современных исследований по рассматриваемой проблематике.

## Материалы и методы исследования

Настоящее исследование выполнено в логике разведочного структурированного обзора литературы (exploratory systematic literature review). Поиск публикаций осуществлялся в базах ScienceDirect (Elsevier), РИНЦ (eLibrary) и на академической платформе ResearchGate. Для формирования аналитического корпуса были отобраны публикации, посвященные преподаванию английского языка студентам управленческих направлений подготовки, опубликованные в период с 2010 по 2016 г. Выбор данного временного диапазона обусловлен стремлением охватить исследования, отражающие современные подходы к развитию English for Specific Purposes (ESP) в условиях цифровизации образования и трансформации профессиональной подготовки менеджеров. В результате первичного поиска было выявлено 27 публикаций, из которых после устранения дублей осталось 20 источников. Последующая процедура пилотного кодирования, полнотекстового анализа и оценки соответствия критериям включения позволила сформировать итоговый аналитический корпус из 15 исследований.

Помимо публикаций, вошедших в аналитический корпус обзора, в процессе интерпретации результатов и разработки концептуальной рамки исследования были использованы дополнительные теоретические и методологические источники, опубликованные до 2010 г. (например, 1987, 1993, 1998 гг.). Эти работы привлекались исключительно для обоснования теоретических положений, концепций ESP и методологии качественных исследований и не входили в аналитический корпус обзора. В результате общий список литературы составил 26 источников.

На этапе идентификации поиск публикаций осуществлялся по ключевым словам на русском и английском языках, связанным с преподаванием ESP студентам управленческих направлений подготовки (Business English, ESP, management students, manager, non-linguistic universities, менеджмент) в названиях, аннотациях и ключевых словах публикаций. В выборку включались рецензируемые статьи и материалы конференций, посвященные преподаванию английского языка студентам управленческих и смежных направлений подготовки в неязыковых вузах.

На данном этапе также осуществлялась проверка дублей на основе сопоставления названий, авторов и года публикаций, что позволило выявить дублирующиеся публикации (n = 7). Благодаря такому детальному подходу первичный поисковый этап позволил выявить 20 уникальных публикаций (n = 20), потенциально соответствующих заявленным критериям исследования.

На этапе скрининга все выявленные публикации были загружены в программное обеспечение для качественного анализа данных Atlas.ti (версия 23) для проведения предварительной аналитической обработки корпуса.

Далее публикации были включены в процедуру пилотного кодирования (pilot coding), выполнявшую функцию аналитической верификации релевантности исследований и уточнения концептуальных границ корпуса.

**Таблица 1**

Частотность ключевых кодов в публикациях (n = 20)

| Код | Частота |
|---|---|
| ○ Business English (деловой английский) | 167 |
| ○ English for specific purposes (английский для специальных целей) | 165 |
| ● management (менеджмент) | 129 |
| ○ English for business (английский для бизнеса) | 23 |
| ● management students (студенты-менеджеры) | 21 |
| ● manager (менеджер) | 12 |
| ○ economy (экономика) | 9 |
| ● менеджмент | 4 |
| ○ non-linguistic universities (неязыковой университет) | 1 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

*Рис. 1. Облако кодов и их семантическая доминантность*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Кодирование осуществлялось в три этапа: открытое, осевое и селективное. Для количественной проверки качественных выводов был проведен анализ частотности кодов, представленных в табл. 1.

Полученные данные демонстрируют доминирование кодов «Business English» (деловой английский) и «English for specific purposes» (английский для специальных целей), что указывает на преобладание общей дисциплинарной рамки над институциональной конкретизацией управленческого контекста.

Дальнейшая визуализация кодов в виде облака на рис. 1 иллюстрирует семантическую концентрацию вокруг понятий «Business English» (деловой английский), «English for specific purposes» (английский для специальных целей) и «management» (менеджмент). Минимальная представленность кода «non-linguistic» (неязыковой вуз) указывает на слабую институциональную конкретизацию образовательного контекста в анализируемых исследованиях.

В соответствии с логикой качественного контент-анализа Ph. Mayring [4] и J. Saldaña [5], данное пилотное кодирование (pilot coding) осуществлялось с опорой на предварительно определенные критерии включения и исключения публикаций, при этом сохранялась возможность для индуктивной корректировки имеющейся классификации.

На этапе оценки соответствия публикаций критериям включения проводился углубленный анализ их методологической релевантности. При анализе учитывались соответствие тематике ESP для студентов управленческих направлений подготовки, наличие описания исследовательского дизайна, характеристик выборки, используемых методов сбора данных и образовательного контекста. Предпочтение отдавалось исследованиям, содержащим эмпирические данные либо развернутую аналитическую аргументацию. В рамках данного этапа был проведен полнотекстовый анализ отобранных публикаций, включавший изучение исследовательских целей, образовательного контекста и характеристик выборки, применяемых методов и полученных результатов. Это позволило выявить часть публикаций (n = 5), не соответствующих заявленной проблематике исследования и критериям включения.

Основаниями для исключения (критерии исключения) публикаций являлись: 1) отсутствие управленческого контекста в исследованиях ESP, 2) ориентация на иную целевую аудиторию, а также 3) отсутствие связи с системой высшего образования.

Например, в работах M. M. Roshid и др. [6], T. Räisänen и др. [7] и M. Komori-Glatz [8] основанием для исключения стало смещение фокуса в сторону английского как языка международного общения (English as a Lingua Franca, EFL) в профессиональной среде, кроме того авторы не рассматривают образовательный контекст преподавания ESP студентам управленческих программ. Несмотря на тематическую близость, данные публикации не соответствовали критерию образовательной направленности. Работам D. Saidvalieva [9] и O.-A. Alexa [10] присуща избыточная обобщенность методических рекомендаций. Они представляют обзорные публикации о современных тенденциях ESP без конкретизации управленческого контекста и без эмпирической привязки к программам подготовки менеджеров. В большинстве отсеянных публикаций отсутствовала специфика управленческой подготовки. Другими словами, часть публикаций рассматривала ESP в широком междисциплинарном контексте, не выделяя управленческий аспект в отдельную профессиональную область.

Стоит отметить, что, хотя указанные работы не вошли в финальный корпус, их анализ позволил: уточнить границы исследовательского поля; дифференцировать ESP в управленческом контексте от исследований ELF; усилить критерий институциональной конкретизации. Процедура исключения публикаций не носила формального характера, а являлась этапом уточнения концептуальной рамки исследования. В результате аналитической верификации финальный корпус составил 15 релевантных исследований (n = 15).

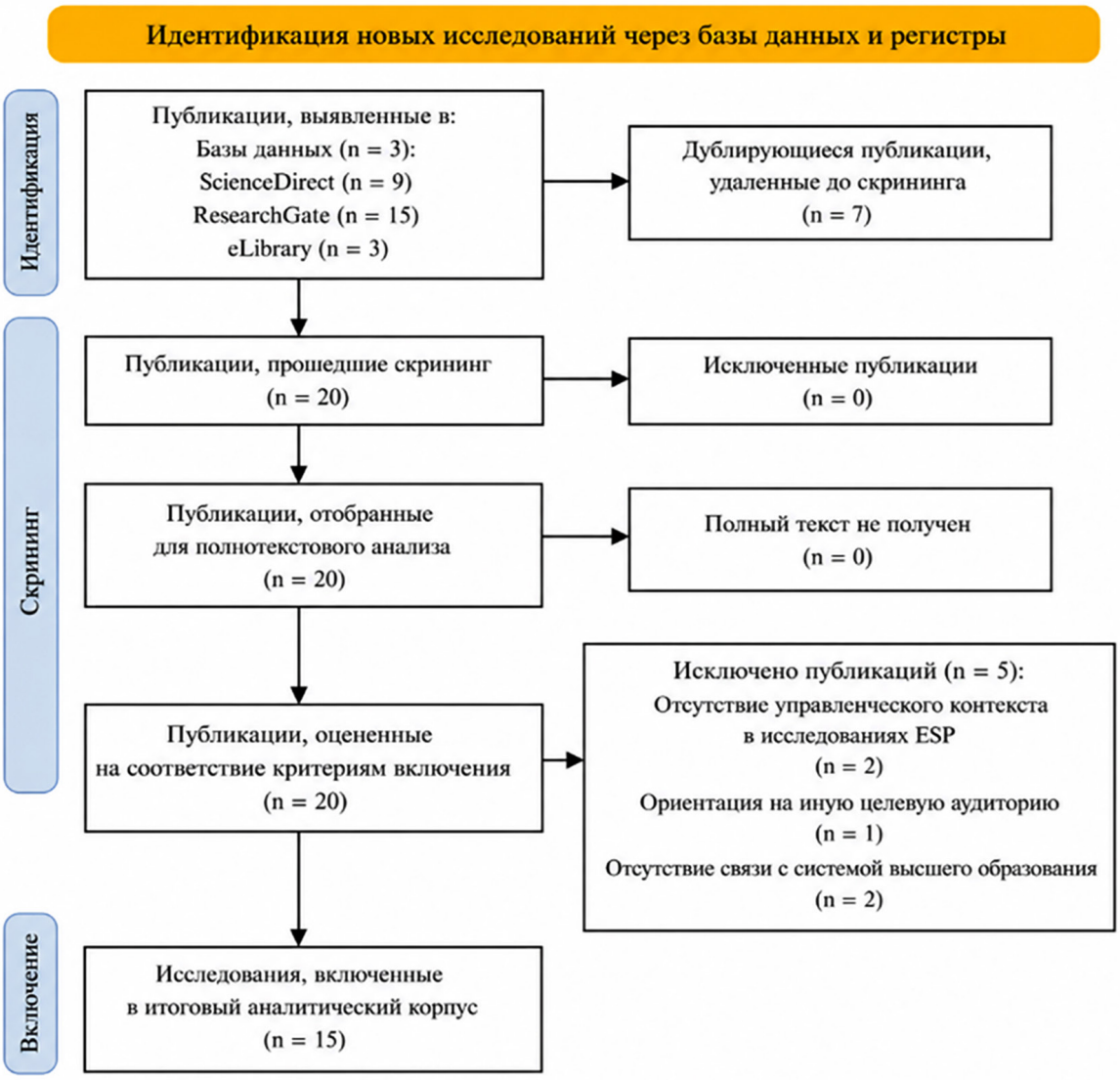



*Рис. 2. Этапы формирования итогового аналитического корпуса*
*Примечание: составлен авторами с помощью инструмента PRISMA Flow Diagram tool [27]*

Благодаря такой трехэтапной методике поиска релевантных источников удалось минимизировать исследовательскую предвзятость в соответствии с принципами прозрачности и воспроизводимости качественных исследований, рекомендуемыми в работе J. Saldaña [5]. Этапы формирования итогового аналитического корпуса представлены на рис. 2.

Дополнительный этап анализа был направлен на структурирование отобранного корпуса (n = 15) публикаций по параметрам географии, образовательного контекста, специализации студентов и методологий исследований. Систематизация данных проводилась на основе сопоставления метаданных публикаций.

*Результаты структурного анализа корпуса*

Подавляющее большинство исследований (табл. 2) выполнено в неанглоязычных странах и в неязыковых вузах, что коррелирует с исследовательской проблематикой данного обзора и указывает на высокую актуальность ESP в национальных образовательных системах, где английский язык функционирует как инструмент профессиональной интернационализации.

Аналитические данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о выраженной междисциплинарности корпуса. Помимо классических направлений «менеджмент» и «бизнес-администрирование» публикации охватывают экономику, логистику, технические специальности и отраслевые управленческие программы. Это позволяет сделать вывод о включенности управленческой подготовки в рамках ESP в широкий спектр профессиональных траекторий. Следовательно, при проектировании моделей профессионально ориентированного обучения целесообразно принимать во внимание разнообразие профессиональных ситуаций и образовательных сред, в которых оно применяется.

Дополнительный анализ исследовательского дизайна публикаций показал преобладание эмпирических работ. Из 15 (n = 15) исследований, вошедших в итоговый корпус, 12 (n = 12) носили эмпирический характер и основывались на количественных, качественных либо смешанных методах исследования. Наиболее распространенными методами сбора данных выступали анкетирование студентов и преподавателей, полуструктурированные интервью, педагогическое наблюдение, анализ учебных материалов и педагогический эксперимент. В ряде исследований использовались крупные выборки респондентов: от 60 до 300 участников, а отдельные работы опирались на массивы образовательных данных объемом до 2000 обучающихся.

Как видно из табл. 3, в корпусе преобладают исследования, основанные на анализе реальных образовательных практик и данных, полученных непосредственно от участников образовательного процесса. Значительная часть публикаций ориентируется на изучение потребностей обучающихся, разработку ESP-материалов, оценку эффективности профессионально ориентированных методик и адаптацию содержания обучения к требованиям управленческой подготовки.

Структурирование работ по типу исследовательских методик позволило выявить преобладание прикладных эмпирических исследований (качественных и количественных) – более 50 % корпуса. Исходя из этого, можно сделать вывод, что, во-первых, область исследований носит преимущественно прикладной характер и отражает конкретные педагогические задачи. Во-вторых, сравнительно невысокая доля теоретико-методических публикаций указывает на недостаточную концептуализацию управленческого дискурса как самостоятельного педагогического объекта.

**Таблица 2**

Распределение публикаций (n = 15): регион, язык обучения, специализация

| Регион | Основной язык обучения | Специализация | Количество публикаций |
|---|---|---|---|
| Китай | Китайский | Менеджмент, бизнес | 3 |
| Россия | Русский | Менеджмент, экономика, технические направления | 3 |
| Индонезия | Индонезийский | Управление, технические специальности | 2 |
| Европа (Словакия, Румыния) | Словацкий, Румынский | Менеджмент, логистика | 2 |
| Монголия | Монгольский | Отраслевое управление | 1 |
| Иран | Персидский | Бизнес-коммуникация | 1 |
| Международный контекст | Не английский | Любая, кроме языковой | 3 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 3**

Методологические характеристики исследований, вошедших в корпус обзора

| Источник | Страна | Тип исследования | Методы исследования | Выборка/охват респондентов |
|---|---|---|---|---|
| Башеров О. И. и др. [11] | Россия | Эмпирическое | Эксперимент, анкетирование, тестирование | Студенты – 120 |
| Бузинова Л. М. и др. [12] | Россия | Эмпирическое | Корреляционный анализ | Студенты – 120, преподаватели – 5 |
| Dančišinová L. [13] | Словакия | Эмпирическое | Педагогическая апробация | Магистранты – 43 |
| Khoshsima H. et. al. [14] | Иран | Эмпирическое | Анкетирование | Студенты – 103 |
| Швайкина Н. С. [15] | Россия | Эмпирическое | Педагогический эксперимент | Студенты – 24 |
| Wenzhong Z., Jingzi D. A. [16] | Китай | Эмпирическое | Тематическое исследование (case study) | Преподаватели – 100 |
| Zeng X. [17] | Китай | Эмпирическое | Анализ больших данных | Обучающиеся – 2000 |
| Iswati L., Triastuti A. [18] | Индонезия | Качественное | Интервью, качественный анализ | Преподаватели – 5 |
| Planken B. [19] | Китай | Качественное | Глубинные интервью | Менеджеры – 3, период – 20 лет |
| Mega Fitri Wulandari [20] | Индонезия | Качественное | Анкетирование, интервью | Студенты – 60 |
| Zagan-Zelter D., Zagan-Zelter S. [21] | Румыния | Практико-ориентированное | Анализ преподавательского опыта | Студенты трех факультетов |
| Antony M., Narantsetseg R. [22] | Монголия | Исследование смешанного типа | Анкетирование, интервью | Преподаватели – 300 |
| Tan S. N. et. al. [23] | Китай | Исследование смешанного типа | Анкетирование, интервью, оценка письменных работ | Студенты – 232, преподаватели – 5 |
| Fitria T. N. [24] | Международное | Теоретико-аналитическое | Обзор литературы | 26 источников |
| Turgunova A. [25] | Международное | Теоретико-аналитическое | Обзор литературы | 20 источников |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

При этом особого внимания заслуживают российские исследования [11, 12, 15], в которых применялись педагогический эксперимент, тестирование, анкетирование и статистическая обработка результатов обучения, что позволило оценить эффективность различных моделей ESP-обучения в условиях отечественных неязыковых вузов.

Недостаточная институциональная конкретизация образовательного контекста в отобранном корпусе публикаций требует особого рассмотрения, на что указывает малое количество упоминаний категории «неязыковой вуз» при использовании кодирования (pilot coding). Хотя большинство исследований проводится в неязыковых вузах, сам по себе такой контекст практически никогда не становится предметом детального изучения в отобранном корпусе работ.

*Аналитический синтез результатов исследований*

Путем сопоставления метаданных релевантных исследований и проведения глубинного анализа корпуса публикаций были идентифицированы три исследовательских кластера, относящихся к ESP для подготовки менеджеров, а также установлены взаимосвязи между ними. Концептуальная схема на рис. 3 демонстрирует студенто-ориентированный, преподаватель-ориентированный и системно-концептуальный кластеры и их структурные составляющие.

| КЛАСТЕР I Студенто-ориентированный кластер исследований | КЛАСТЕР II Преподаватель-ориентированный кластер исследований | КЛАСТЕР III Системно-концептуальный кластер исследований |
|---|---|---|
| •Коммуникативные навыки<br>•Языковые дефициты<br>•Академическая успешность<br>•Межкультурная компетентность | •"Амфибийная" модель преподавателя<br>•Методические трудности и институциональные ограничения<br>•Ограниченные институциональные дефициты | •Проблема учебных материалов и структуры программ<br>•Цифровая трансформация и управленческий дискурс<br>•Институциональные барьеры |

*Рис. 3. Карта исследовательского поля: ESP для подготовки менеджеров*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

1. Исследования, ориентированные на обучающегося

Студенто-ориентированный кластер объединяет следующие публикации. Работы T. N. Fitria [24] и L. Iswati и A. Triastuti [18] посвящены выявлению языковых дефицитов. Публикации M. Wulandari [20], S. N. Tan и др. [23] фокусируются на анализе образовательных потребностей. Различные аспекты учебного поведения и международной подготовки обучающихся управленческих программ затрагиваются в работах X. Zeng [17] и L. Dančišinová [13]. Для данных исследований характерно преимущественно количественное или смешанное методологическое оформление (анкетирование, тестирование, анализ письменных работ, корреляционный анализ), что отражает стремление авторов к эмпирической верификации выявленных трудностей и образовательных эффектов.

1.1. Потребности и коммуникативные приоритеты. Анализ показывает устойчивый запрос студентов на развитие продуктивных видов речевой деятельности. В числе наиболее востребованных форм профессиональной коммуникации M. Wulandari [20] называет устные презентации и участие в переговорах, а S. N. Tan и др. [23] – написание деловой корреспонденции и аналитических отчетов. Таким образом, приоритетными выступают жанры, непосредственно связанные с управленческой практикой.

1.2. Языковые дефициты. Наряду с выявлением потребностей исследования фиксируют устойчивую группу языковых трудностей. Ключевым ограничивающим фактором выступает дефицит лексического ресурса. Анализ письменных работ студентов по деловому английскому (Business English) позволил S. N. Tan и др. [23] выявить систематические проблемы, связанные с ограниченным словарным запасом и неточностью употребления профессиональной терминологии. Аналогичные выводы получены M. Wulandari [20] в рамках анализа потребностей студентов по специальности «Менеджмент», где более половины (45 из 60 опрошенных) респондентов указали на то, что словарный запас является критически важным для обучающихся, а недостаточный уровень владения лексикой обусловливает низкие показатели их устной и письменной речи.

В работе T. N. Fitria [24], посвященной преподаванию делового английского на экономических программах, также подчеркивается, что ограниченный профессиональный словарь сдерживает развитие аргументации и письменной деловой коммуникации. Кроме того, в исследовании ESP в неязыковых специальностях L. Iswati и A. Triastuti [18] отмечает необходимость целенаправленного расширения лексического ракурса как базового условия формирования профессионально ориентированной коммуникативной компетенции.

Помимо лексического дефицита фиксируются проблемы грамматической точности и беглости устной речи. В совокупности данные трудности формируют устойчивую триаду дефицитов: ограниченный лексический ресурс; недостаточная грамматическая точность; низкий уровень аргументации и гибкости дискуссии.

В качестве дополнительного методического ориентира можно привести исследование П. П. Ростовцевой и М. В. Боровко [26], посвященное развитию рефлексивных механизмов в иноязычной подготовке студентов неязыковых вузов, которое не вошло в основной корпус обзора, однако позволяет расширить интерпретацию выявленных языковых дефицитов через обращение к метакогнитивным стратегиям их преодоления.

В частности, процедуры самооценки рассматриваются как инструмент формирования учебной автономии и осознанной корректировки индивидуальных затруднений, что способствует повышению мотивации и ответственности обучающихся за результаты собственной деятельности.

Следовательно, для эффективного преодоления языковых барьеров необходимо не только углублять знание лексики в сфере менеджмента и грамматики в целом, но и систематически развивать у обучающихся метакогнитивные навыки.

1.3. Академическая успешность. Отдельное направление исследований связано с анализом учебного поведения студентов. X. Zeng [17] установил положительную корреляцию между регулярностью занятий деловым английским и его академической успешностью. Результаты S. N. Tan и др. [23] также говорят о значимости систематической самостоятельной практики для повышения качества письменной подготовки и итоговых результатов тестирования на уровень знаний делового английского. Таким образом, языковые дефициты рассматриваются не только как структурная проблема, но и как функция учебной организации.

1.4. Межкультурная компетентность. Исследование межкультурной подготовки будущих менеджеров демонстрирует эффективность стратегий, основанных на анализе культурной идентичности и сравнительном осмыслении системных ценностей, как отмечает в своей работе L. Dančišinová [13]. Включение межкультурного компонента способствует повышению коммуникативной гибкости обучающихся. Вместе с тем в анализируемом корпусе публикаций данный компонент чаще выступает как дополнительный модуль, а не как структурный элемент управленческого дискурса.

В целом студенто-ориентированные исследования демонстрируют высокую эмпирическую чувствительность к образовательным потребностям обучающихся и фиксируют комплекс взаимосвязанных факторов: языковые дефициты, особенности учебного поведения, значимость регулярной практики и роль межкультурной подготовки. Большинство исследований по-прежнему сосредоточены на конкретных навыках и выявлении возникающих трудностей, тогда как стратегическое осмысление управленческого дискурса как коммуникативных стратегий и институциональных ролей остается недостаточно разработанным направлением исследований. Поэтому, несмотря на развитую эмпирическую базу, студенто-ориентированный кластер характеризуется недостаточной теоретической интеграцией выявленных результатов в целостную модель профессионально ориентированной подготовки менеджеров.

2. Исследования, ориентированные на преподавателя

Второй кластер публикаций включает исследование Z. Wenzong и D. A. Jingzi [16], в котором центральным объектом анализа выступает профессиональная деятельность преподавателя ESP и особенности его подготовки. Кроме этого, в рамках этого кластера институциональные условия реализации профессионально ориентированных программ рассматриваются в работах L. Iswati и A. Triastuti [18], О. И. Башерова и др. [11], Л. М. Бузиновой и др. [12]. В отличие от студенто-ориентированных работ, акцент здесь смещен с языковых дефицитов обучающихся на организационные и профессиональные параметры преподавания.

2.1. Интерактивная («амфибийная») модель преподавания. Одним из ключевых выводов является необходимость формирования преподавателя интеграционного типа, «преподавателя-амфибии», как указано в работе Z. Wenzong и D. A. Jingzi [16], – сочетающего высокую языковую компетентность с пониманием профессионального бизнес-контекста. В рамках опросов и анализа практик подчеркивается, что студенты управленческих направлений отдают предпочтение преподавателям, обладающим не только филологической подготовкой, но и знанием управленческих процессов. Например, в китайском образовательном контексте Z. Wenzong и D. A. Jingzi [16] предлагают модель развития преподавателя делового английского, включающую шесть направлений: перераспределение ресурсов, целевой набор кадров, переподготовку, повышение квалификации, сотрудничество с предприятиями и участие в исследовательских командах. Данная модель демонстрирует системный подход к формированию интегративной профессиональной компетентности преподавателя и подчеркивает роль институциональной поддержки.

В рассмотренном преподавательском кластере управленческий дискурс рассматривается не как объект обучения, а как компонент профессиональной идентичности.

2.2. Методические трудности и институциональные ограничения. Наряду с разработкой моделей подготовки преподавателей систематизация публикаций позволила выделить ряд устойчивых методических и организационных проблем. К числу наиболее часто упоминаемых в работах российских ученых О. И. Башерова и др. [11], Л. М. Бузиновой и др. [12] относятся отсутствие системного анализа потребностей студентов,

значительная вариативность уровня языковой подготовки обучающихся, большие академические группы, ограниченное количество аудиторных часов и дефицит специализированных учебных материалов. Также в российских публикациях указанных авторов акцент делается на интеграции коммуникативного подхода, контекстного обучения в зависимости от профессиональной направленности программ. В то же время L. Iswati и A. Triastuti [18] в индонезийском контексте обращают внимание на необходимость гибкой адаптации материалов и дифференциации заданий с учетом уровня подготовки студентов.

Однако данные практики, как правило, описываются как локальные педагогические инициативы, реализованные в рамках отдельных курсов или программ, и редко институциализируются на уровне образовательной политики вуза.

2.3. Системная перспектива преподавательского кластера. Сопоставление публикаций позволяет выявить общую тенденцию: при признании необходимости подготовки преподавателя нового типа, способного интегрировать предметное содержание бизнеса и языковую методику, институциональные механизмы реализации подобных моделей остаются ограниченными.

Исследования в различных национальных контекстах, например у L. Iswati и A. Triastuti [18] – в индонезийском или О. И. Башерова и др. [11] – в российском, демонстрируют сходный набор вызовов: несогласованность учебных планов, недостаточную междисциплинарную координацию, нехватку специализированных ресурсов и ограниченность времени.

При этом большинство работ носит прикладной характер и ориентировано на описание конкретных методических решений. Концептуальное осмысление управленческого дискурса в качестве объединяющего педагогического феномена раскрыто лишь частично. Преподаватель-ориентированный кластер также демонстрирует высокий уровень эмпирической проработанности, но ограниченную степень теоретической систематизации.

3. Системно-концептуальные исследования

Наиболее многочисленный кластер содержит публикации, рассматривающие преподавание ESP в сфере бизнеса и менеджмента в более широком образовательном и социокультурном контексте, среди которых исследования D. Zagan-Zelter и S. Zagan-Zelter [21], Khoshsima H. и др. [14], Н. С. Швайкиной [15] ограничиваются тематическим расширением лексики без интеграции жанров управленческого дискурса. В этом же ключе тема преподавания ESP раскрыта у M. Antony и R. Narantsetseg [22], A. Turgunova [25] и B. Planken [19]. Представленные исследования акцентируют внимание не на недостатках в языковых знаниях студентов, а на факторах, связанных с учебным заведением, образовательными программами и организационными аспектами, влияющими на внедрение предметно-ориентированного обучения.

3.1. Проблема учебных материалов и структуры программ. Анализ исследований D. Zagan-Zelter и S. Zagan-Zelter [21], Khoshsima H. и др. [14] показывает, что одним из наиболее устойчивых системных недостатков является несоответствие учебных материалов профессиональным потребностям студентов управленческих направлений. В частности, отмечается, что используемые учебники и курсы:

– недостаточно учитывают специфику управленческой деятельности;

– не моделируют реальные профессиональные сценарии;

– расширяют тематический словарь, но без включения элементов управленческого стиля общения;

– не обеспечивают достаточной профессиональной уникальности.

B. Planken [19] подчеркивает необходимость более тесной связи между выявленными коммуникативными потребностями студентов и содержанием ESP-программ, а также необходимость преодоления разрыва между академическим обучением и реальными профессиональными задачами. Тем самым проблема учебных материалов выводится за рамки методики и приобретает институциональный характер.

В монгольском контексте в работе M. Antony и R. Narantsetseg [22] необходимость системного взаимодействия университетов, государственных структур и бизнеса рассматривается как условие разработки адаптивных ESP-курсов, ориентированных на управленческие программы. Аналогичные вызовы, связанные с необходимостью модернизации и внедрения инновационных форм обучения, фиксируются в исследовании преподавания ESP для неязыковых специальностей A. Turgunova [25].

В результате анализа исследований системно-контекстуальной группы выявлено, что проблема учебных материалов не является исключительно дидактической, а отражает более широкий разрыв между академическим курсом и профессиональной средой.

3.2. Цифровая трансформация и управленческий дискурс. Однако анализ работ основного корпуса показывает, что при всей интенсивности внедрения цифровых реше-

ний в публикациях по ESP Н. С. Швайкина [15] и A. Turgunova [25] трактуют цифровизацию преимущественно как инструмент оптимизации учебного процесса – платформы, онлайн-задания, аналитика успеваемости. Дискурсивные последствия цифровой трансформации – изменение жанров управленческой коммуникации, гибридизации переговоров, трансформации стратегий аргументации – остаются недостаточно концептуализированными.

Таким образом, в исследовательском поле прослеживается технологическое, но не дискурсивное понимание цифровизации. Для управленческой подготовки это означает необходимость перехода от анализа цифровых инструментов к исследованию цифровой модификации управленческого дискурса как институциональной практики.

3.3. Институциональные барьеры. Системный анализ работ D. Zagan-Zelter и S. Zagan-Zelter [21], A. Antony и R. Narantsetseg [22], A. Turgunova [25] выявляет комплекс ограничений, препятствующих полноценной реализации профессионально ориентированного обучения. В числе наиболее значимых факторов называются: формализованный характер профессионализации дисциплины; недостаточная междисциплинарная координация между языковыми и профильными кафедрами; административные ограничения учебных планов и дефицит взаимодействия с индустриальными партнерами.

При этом даже в случаях разработки инновационных моделей обучения институциональная поддержка носит фрагментарный характер. Образовательные реформы, как правило, инициируются на уровне отдельных кафедр или проектов, что ограничивает масштаб их внедрения.

Системно-концептуальный кластер демонстрирует, что ключевые проблемы преподавания ESP студентам управленческих направлений выходят за пределы индивидуальных языковых дефицитов и профессиональной подготовки преподавателя и укоренены в структуре образовательной среды. Анализ публикаций показывает, что трудности реализации профессионально ориентированных программ обусловлены не только методическими решениями, но и особенностями институционального проектирования курсов, организационной логикой учебных планов и характером взаимодействия с профессиональным сообществом.

В отличие от студенто- и преподаватель-ориентированных исследований, фокус которых сосредоточен преимущественно на уровне субъектов образовательного процесса, данный кластер выявляет структурные ограничения системного характера. К их числу относятся: разрыв между результатами анализа потребностей студентов и содержанием учебных программ; фрагментарная интеграция жанров управленческого дискурса; технологическая, но не дискурсивная цифровизация; а также недостаточная институционализация инновационных практик.

В результате системно-контекстуальные исследования переводят анализ с уровня локальных педагогических решений на уровень архитектуры образовательной программы. Именно в этом кластере формируется предпосылка для разработки интегративной модели профессионально ориентированного обучения, способной объединить жанрово-дискурсивный, институционально-контекстуальный и цифровой компоненты в единую концептуальную рамку.

Сопоставление трех исследовательских фокусов позволило перейти к сравнительному анализу научного поля, выявить его устойчивые тенденции развития, определить его методологические и теоретические ограничения и в результате сформулировать интегративную модель профессионально ориентированного обучения студентов-менеджеров.

## Результаты исследования и их обсуждение

Сопоставление трех исследовательских кластеров позволяет выявить структурные особенности научного поля преподавания ESP студентам управленческих специальностей.

Во-первых, доминируют прикладные эмпирические исследования, ориентированные на диагностику языковых дефицитов и апробацию отдельных методических решений. Теоретическая интеграция и концептуализация управленческого дискурса как целостного педагогического объекта представлены значительно слабее.

Во-вторых, при анализе языковых дефицитов прежде всего выделяются лексические и грамматические. Эмпирические данные показывают, что ограниченный словарный запас и недостаточная грамматическая точность существенно затрудняют выполнение как письменных, так и устных профессионально ориентированных заданий. Даже при использовании упрощенных аутентичных текстов, визуальной наглядности и коммуникативных опор студенты элементарного уровня испытывают значительные трудности, обусловленные слабым владением лексико-грамматическими средствами и ограниченным опытом коммуникации на английском языке.

Следовательно, исследовательское внимание концентрируется преимущественно на преодолении базовых языковых ограничений. При этом стратегические аспекты управленческой коммуникации – аргументация, переговорные стратегии, управление конфликтом, дипломатическое смягчение – значительно реже становятся предметом системного анализа.

В-третьих, цифровая трансформация трактуется преимущественно как инструмент оптимизации учебного процесса, а не как фактор изменения жанровой структуры управленческого дискурса.

В-четвертых, деловой английский рассматривается в широком контексте применения, однако специфика управленческой деятельности как самостоятельного профессионального поля остается недостаточно концептуализированной. В то же время преподаватель-ориентированные публикации подчеркивают необходимость формирования интегративной («амфибийной») модели преподавателя, сочетающего языковую и профессиональную компетентность.

В-пятых, системно-контекстуальные исследования указывают на институциональные ограничения – несоответствие учебных материалов профессиональным задачам, проблемы организационной среды, разрыв между потребностями студентов и содержанием программ.

В-шестых, отдельные исследования демонстрируют потенциал межкультурной подготовки будущих менеджеров и указывают на возможность формирования данного компонента в процессе обучения. Однако межкультурная компетентность чаще интегрируется как дополнительный модуль, а не как структурный элемент управленческого дискурса.

Аналогичная ситуация наблюдается в отношении цифровизации: использование аналитических инструментов и цифровых платформ активно внедряется, но цифровая коммуникация как жанрово и стратегически трансформированная форма управленческого взаимодействия практически не концептуализируется.

В результате сопоставления трех исследовательских кластеров – студенто-ориентированного, преподаватель-ориентированного и системно-контекстуального – можно выделить общую тенденцию, прослеживается ключевой вывод, присущий каждому из кластеров: управленческий дискурс редко рассматривается как самостоятельный педагогический объект в преподавании английского для целей подготовки будущих менеджеров в неязыковых вузах.

На основе сопоставления эмпирических результатов, представленных в проанализированных исследованиях, и теоретических оснований ESP может быть предложена концептуальная интегративная модель профессионально ориентированного обучения студентов-менеджеров, включающая три взаимосвязанных компонента и представленная на рис. 4.

Представленная на рис. 4 концептуальная модель отражает иерархическую организацию компонентов: жанрово-дискурсивный уровень образует базу профессиональной подготовки, институциональный уровень задает контекст реализации, а цифровой компонент выступает трансформирующим фактором управленческой коммуникации. Такое объединение создает основу для интеграции языкового, профессионального и институционального уровней анализа и может рассматриваться как один из возможных способов преодоления фрагментарности существующих исследований.

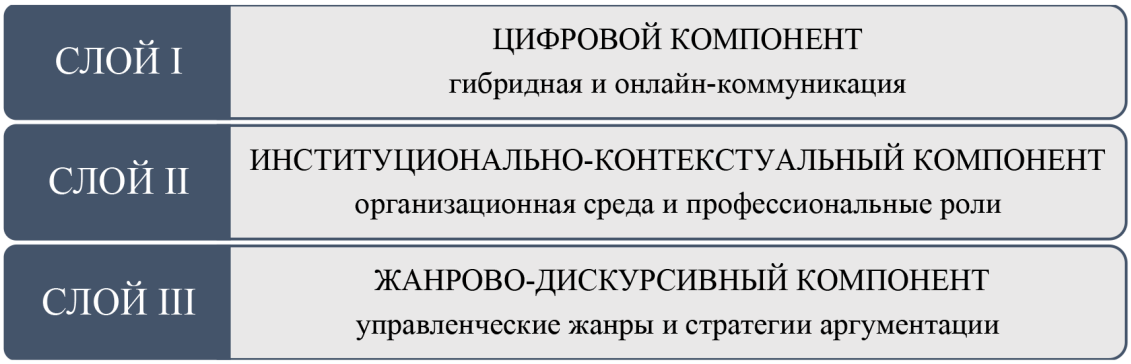



*Рис. 4. Концептуальная слоевая интегративная модель профессионально ориентированного обучения студентов управленческих направлений*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Следует отметить, что предложенная модель носит концептуальный характер и сформирована на основе результатов структурированного обзора литературы. В связи с этим ее отдельные положения и взаимосвязи между компонентами требуют дальнейшей эмпирической проверки и апробации в образовательной практике подготовки студентов управленческих направлений.

## Заключение

Проведенный разведочный структурированный обзор литературы, осуществленный в соответствии с заявленными критериями отбора, позволил проанализировать массив (n = 15) релевантных публикаций 2015–2026 гг. и обозначить структурные особенности и исследовательские дефициты в области преподавания профессионального английского языка студентам управленческих направлений подготовки в неязыковых вузах.

Во-первых, анализ показал, что исследовательская активность в данной области носит преимущественно прикладной характер. Большинство публикаций ориентировано на решение конкретных педагогических задач: выявление языковых дефицитов студентов, анализ методических трудностей преподавателей, разработку локальных моделей интегративного обучения. Это свидетельствует о высокой практической востребованности темы, однако одновременно указывает на недостаточную степень теоретической интеграции.

Во-вторых, выявлен устойчивый дисбаланс исследовательских фокусов. Студенто-ориентированные исследования концентрируются преимущественно на анализе потребностей и дефицитов (лексика, грамматика, беглость речи), преподаватель-ориентированные – на проблеме формирования интегративной («амфибийной») компетентности, системно-контекстуальные – на институциональных ограничениях и проблемах учебных материалов. Однако управленческий дискурс как целостная система стратегической коммуникации остается недостаточно концептуализированным.

В-третьих, несмотря на усиление внимания к цифровым инструментам обучения, цифровая трансформация профессиональной коммуникации не получила полноценного отражения в структуре ESP-программ. Между тем гибридные форматы переговоров, онлайн-презентации, цифровая деловая переписка и алгоритмически опосредованные коммуникации становятся нормой управленческой практики.

На основании проведенного анализа предложена концептуальная модель, рассматриваемая как возможная аналитическая рамка профессионально ориентированного обучения студентов-менеджеров, включающая три взаимосвязанных компонента:

1) цифровой – формирование компетенции гибридной и онлайн-коммуникации;

2) институциональный;

3) жанрово-дискурсивный – освоение устойчивых жанров управленческой коммуникации.

Стоит отметить, что межкультурный компонент, направленный на развитие способности к ценностной адаптации и культурной рефлексии, может рассматриваться как сквозной элемент всех компонентов профессиональной подготовки. Предложенная модель предполагает возможность расширения традиционного понимания делового английского за счет включения элементов управленческой дискурсивной компетенции.

Поскольку предложенная модель носит концептуальный характер и сформирована на основе результатов структурированного обзора литературы, ее положения требуют дальнейшей эмпирической проверки. В этой связи перспективным направлением дальнейших исследований является эмпирическая апробация предложенной модели в российском образовательном контексте с использованием смешанных исследовательских дизайнов и сравнительного анализа различных образовательных систем.

## Список литературы

1. Hutchinson T., Waters A. English for specific purposes: A learning-centred approach. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. URL: https://www.academia.edu/35231434/English_for_Specific_Purposes_A_learning_centred_approach. (дата обращения: 15.02.2026). ISBN 0521267323.

2. Bhatia V. K. Analysing Genre: Language Use in Professional Settings. London; New York: Routledge, 1993. 264 p. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781317896548_A24275662/preview-9781317896548_A24275662.pdf (дата обращения: 02.07.2026). ISBN 9780582085244.

3. Dudley-Evans T., St John M. J. Developments in English for specific purposes. Cambridge: Cambridge University Press Elt, 1998. ISBN 9780521596756.

4. Mayring Ph. Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt, 2014. 143 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/266859800_Qualitative_content_analysis_-_theoretical_foundation_basic_procedures_and_software_solution (дата обращения: 15.02.2026).

5. Saldaña J. The Coding Manual for Qualitative Researchers (4th ed.). Los Angeles: Sage, 2021. 440 p. URL: https://books.google.ru/books?id=X7T5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 17.01.2026). ISBN 9781529731750.

6. Roshid M. M., Webb S., Chowdhury R. English as a Business Lingua Franca: A Discursive Analysis of Business E-Mails // International Journal of Business Communication. 2018. Vol. 59. Is. 1. P. 83–103. DOI: 10.1177/2329488418808040.

7. Räisänen T., Hynninen N., Kankaanranta A. English as a Business Lingua Franca // Elsevier. 2024. URL: https://www.sciencedirect.com/science/chapter/referencework/abs/

pii/B9780323955041002660?via%3Dihub (дата обращения: 17.01.2026). DOI: 10.1016/B978-0-323-95504-1.00266-0.

8. Komori-Glatz M. Exploring the Roles of English: English as a Lingua Franca in Master's Programmes at WU Vienna University of Economics and Business // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 173. P. 119–124. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.040.

9. Saidvalieva D. Teaching Methods of English for Specific Purposes // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7. Is. 6. P. 481–485. DOI: 10.33619/2414-2948/67/62.

10. Alexa O.-A. Latest trends in ESP teaching // Journal of Public Administration, Finance and Law. 2023. Is. 30. P. 5–11. DOI: 10.47743/jopafl-2023-30-01.

11. Башеров О. И., Жигалова М. Р., Сосфенова И. А., Трофимова О. В. Дифференцированный подход к обучению английскому языку в неязыковых вузах: стратегии и методы реализации // Управление образованием: теория и практика. 2024. Т. 14. № 2–1. С. 42–51. DOI: 10.25726/u5117-0029-0576-x.

12. Бузинова Л. М., Пашковская Н. Д., Барышникова О. В., Голосова О. М. Исследование эффективных методик преподавания английского языка в неязыковых вузах с учетом специфики профессиональной подготовки студентов // Управление образованием: теория и практика. 2024. Т. 14. № 9–1. С. 119–127. DOI: 10.25726/z2142-3621-2316-y.

13. Dančišinová L. Intercultural Competence Development in ESP Teaching of Future Managers // Cross-Cultural Education Studies. 2025. Vol. 1. Is. 2. P. 1–11. DOI: 10.63385/cces.v1i2.133.

14. Khoshsima H., Saed A., Ghassemi P. The Application of ESP Principles on Course Design: The Case of English for Students of Management and Fisheries // International Journal of Language Learning and Applied Linguistics World. 2014. Vol. 5. Is. 2. P. 163–175. URL: https://www.researchgate.net/publication/264042147_The_application_of_ESP_principles_on_course_design_the_case_of_English_for_students_of_management_and_fisheries (дата обращения: 02.07.2026).

15. Швайкина Н. С. Возможности динамического обучения деловому общению на английском языке студентов направлений «Экономика» и «Менеджмент» // Общество: социология, психология, педагогика. 2020. № 7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-dinamicheskogo-obucheniya-delovomu-obscheniyu-na-angliyskom-yazyke-studentov-napravleniy-ekonomika-i-menedzhment (дата обращения: 02.03.2026). DOI: 10.24158/spp.2020.7.17.

16. Wenzhong Z., Jingzi D. A. Case Analysis of Business English Teacher Development in China with GDUFS as an Example // English Language Teaching. 2015. Vol. 8. Is. 6. URL: https://www.ccsenet.org/journal/index.php/elt/article/view/49418 (дата обращения: 20.02.2026). DOI: 10.5539/elt.v8n6p159.

17. Zeng X. Analyzing the learning behavior patterns of business English learners using deep learning technology // Systems and Soft Computing. 2025. Vol. 7. 200259. DOI: 10.1016/j.sasc.2025.200259.

18. Iswati L., Triastuti A. Voicing the challenges of ESP teaching: Lessons from ESP in non-English departments // Studies in English Language and Education. 2021. Vol. 8. Is. 1. P. 276–293. DOI: 10.24815/siele.v8i1.17301.

19. Planken B. Commentary on Chan's (2019) investigation of the communication needs of Hong Kong business professionals: Significance for the field of ESP and further implications for research and practice // English for Specific Purposes. 2023. Vol. 71. P. 51–53. DOI: 10.1016/j.esp.2023.02.011.

20. Mega Fitri Wulandari. English for Business Management' students: Need Analysis in English for Specific Purposes (ESP) // International Journal of Research on English Teaching and Applied Linguistics. 2023. Vol. 4. Is. 1. P. 55–64. DOI: 10.30863/ijretal.v4i1.5011.

21. Zagan-Zelter D., Zagan-Zelter S. Teaching business English – a challenge both for students and academics // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2010. Vol. 3. P. 245–250. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042810014138?via%3Dihub (дата обращения: 21.02.2026). DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.07.039.

22. Antony M., Narantsetseg R. Addressing the Gap: Perspectives on Developing English for Specific Purposes Course Books for Business Management in Mongolia // International Journal of Scientific Research and Management. 2024. Vol. 12. Is. 5. P. 3419–3429. DOI: 10.18535/ijsrm/v12i05.el05.

23. Tan S. N., Harji M. B., Wang Y. H. Business English writing problems of business English majors: A triangulated approach // English for Specific Purposes. 2026. Vol. 81. P. 32–55. DOI: 10.1016/j.esp.2025.08.004.

24. Fitria T. N. Business English as a Part of Teaching English for Specific Purposes (ESP) to Economic Students // Jurnal Education and Economics. 2019. Vol. 2. Is. 2. P. 143–152. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id = 3527868 (дата обращения: 29.02.2026).

25. Turgunova A. Challenges and innovations in teaching English for specific purposes (ESP) to non-linguistic majors // Current Issues and Prospects for the Development of Scientific Research: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Orléans, 2024. Vol. 60. Is. 260. P. 77–91. URL: https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/article/view/6856/6882 (дата обращения: 02.07.2026). DOI: 10.51582/interconf.19-20.08.2025.010.

26. Ростовцева П. П., Боровко М. В. Методические основы самооценки студентов на примере иноязычной подготовки в неязыковом вузе // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 6 (109). С. 249–252. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osnovy-samootsenki-studentov-na-primere-inoyazychnoy-podgotovki-v-neyazykovom-vuze (дата обращения: 20.02.2026). DOI: 10.24412/1991-5497-2024-6109-249-252.

27. Haddaway N. R., Page M. J., Pritchard C. C., McGuinness L. A. PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis // Campbell Systematic Reviews. 2022. Vol. 18. Is. 2. P. 1–12. URL: https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1002/cl2.1230 (дата обращения: 18.06.2026). DOI: https://doi.org/10.1002/cl2.1230.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.141:37.036:371.13
DOI

CC BY 4.0

# ЭТАПЫ ИНТЕГРАЦИИ ЭСТЕТИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА В СТРУКТУРУ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО И КИТАЙСКОГО ОПЫТА

**Ван Ц. Х. ORCID ID 0009-0005-1200-6092**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», Елец, Российская Федерация, e-mail: 740676506@qq.com*

В статье представлена концептуальная модель поэтапной интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ педагогических высших учебных заведений России и Китая; проблема рассматривается на основе сравнительного анализа теоретических подходов и нормативных требований двух стран. Анализ показывает, что процесс эстетической подготовки будущих педагогов должен отвечать требованиям системной организации, а интеграция художественно–эстетических блоков с профильными педагогическими дисциплинами должна быть согласованной с целями и результатами программы. Цель исследования – выявить и проанализировать имеющиеся педагогические этапы интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ педагогических высших учебных заведений России и Китая на основе сравнительного анализа теоретических подходов и нормативных требований двух стран, а также обосновать авторскую идею. В работе применены общенаучные методы: анализ и синтез психолого–педагогической литературы, сравнительный анализ нормативных образовательных документов России и Китая, системное моделирование. В статье раскрыты подходы к проектированию эстетических модулей в российских и китайских педагогических высших учебных заведениях, обоснованы четыре взаимосвязанных этапа интеграции, образующих целостную систему формирования готовности будущего педагога к практической деятельности эстетической направленности. На основании теоретического анализа предложена концептуальная модель, включающая четыре потенциальных направления интеграции эстетического компонента. Их влияние на компоненты профессиональной готовности будущих педагогов требует последующей эмпирической проверки. Материалы статьи могут быть использованы преподавателями педагогических вузов при разработке учебных планов, рабочих программ дисциплин эстетического цикла, фондов оценочных средств, программ педагогических практик и внеаудиторной работы, направленных на формирование готовности будущих педагогов к эстетико–педагогической деятельности. Материалом послужили федеральные государственные образовательные стандарты России, нормативные акты КНР, а также научные публикации, непосредственно относящиеся к подготовке будущих педагогов. Сравнение проводилось по критериям системности, содержательной направленности и организационным механизмам включения эстетического компонента.

**Ключевые слова: подготовка будущих педагогов, эстетический компонент, интеграция содержания образования, педагогическое образование, эстетическая культура, учебный план, сравнительная педагогика, Россия, Китай**

# APPROACHES TO INTEGRATING AESTHETIC EDUCATION INTO TEACHER TRAINING CURRICULA AT THE UNIVERSITY LEVEL: A COMPARATIVE STUDY OF RUSSIAN AND CHINESE PRACTICES

**Wang Q. H. ORCID ID 0009-0005-1200-6092**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yelets State University named after I. A. Bunin", Yelets, Russian Federation, e-mail: 740676506@qq.com*

The article presents a conceptual model for stage-by-stage integration of the aesthetic component into teacher training curricula in Russia and China, examined through comparative analysis of theoretical approaches and regulatory requirements. The analysis shows that aesthetic training of future teachers requires systematic organisation, and integration of artistic-aesthetic blocks with pedagogical disciplines must align with programme goals and outcomes. The aim is to identify and analyse pedagogical stages of integrating the aesthetic component into curricula of teacher training institutions in Russia and China, based on comparative analysis of theoretical approaches and regulatory requirements, and to substantiate the author's idea. General scientific methods were used: literature analysis, comparative document analysis, and system modelling. The article reveals approaches to designing aesthetic modules in Russian and Chinese pedagogical universities and substantiates four interrelated stages forming a holistic system for developing future teachers' readiness for aesthetic and arts-based pedagogical practice. A conceptual model including four potential directions of aesthetic component integration is proposed; their influence on components of future teachers' professional readiness requires empirical verification. The materials can be used by teachers of pedagogical universities in developing curricula, syllabi, assessment tools, teaching practice programmes, and extracurricular work. The material included Russian federal educational standards, Chinese regulatory acts, and publications on teacher training. Comparison was based on criteria of systematicity, content orientation, and organisational mechanisms.

**Keywords: future teacher training, aesthetic component, integration of educational content, teacher education, aesthetic culture, curriculum, comparative pedagogy, Russia, China**

## Введение

Актуальность исследования этапов интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ высших учебных заведений для подготовки педагогов обусловлена современными требованиями федеральных государственных образовательных стандартов России и стратегических документов по развитию школьного эстетического образования Китая. В Российской Федерации ФГОС ВО по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», утверждённый Приказом Минобрнауки России от 22.02.2018 № 125 (с изменениями и дополнениями), закрепляет компетенции, связанные с восприятием межкультурного разнообразия, художественно–эстетическим развитием обучающихся и организацией эстетического воспитания в школах [1].

В китайской научной литературе обосновывается необходимость интеграции эстетического воспитания в содержание учебных дисциплин [2]. На нормативном уровне данное направление закреплено в документе «О всестороннем усилении и совершенствовании работы по эстетическому воспитанию в школах в новую эпоху», предусматривающем системное включение эстетического компонента в образовательные программы [3].

В практике российских и китайских высших учебных заведений сохраняется ряд вопросов, требующих дополнительного внимания при организации эстетической подготовки будущих учителей [4]. Анализ показывает, что процесс эстетической подготовки будущих педагогов в ряде случаев нуждается в более системной организации; интеграция художественно–эстетических блоков с профильными дисциплинами педагогического цикла может быть усилена за счёт аудиторной и внеаудиторной работы в высших учебных заведениях, при этом она должна быть согласована с целями и результатами программы [5]. Существующая практика свидетельствует о том, что эстетическое образование студентов педагогических направлений подготовки требует более целостного и последовательного выстраивания, что позволит обеспечить более тесную связь между теоретическими знаниями по эстетике и их применением в реальной педагогической деятельности. В связи с этим представляется целесообразным обратиться к вопросу об этапах более органичного включения эстетического компонента в учебные планы педагогических высших учебных заведений с учетом накопленного теоретического и практического опыта [6-8].

Проблема системной интеграции эстетического компонента непосредственно в структуру учебных программ педагогических высших учебных заведений требует дальнейшего теоретического осмысления и последующей эмпирической проверки. Предпринимаемый в настоящем исследовании подход основан на сравнительном анализе нормативных документов и теоретических подходов России и Китая и направлен на разработку и обоснование модели формирования готовности будущего педагога к практической деятельности эстетической направленности [9]. Статья представляет собой концептуальную модель, а не эмпирическое сравнительное исследование учебных программ. Она систематизирует существующие подходы и предлагает авторскую структуру интеграции, требующую дальнейшей проверки. Отдельные аспекты эстетической подготовки будущих педагогов в сравнительном контексте рассматривались в работах [6; 8;10], что создаёт основу для данной концептуальной модели. Настоящая статья развивает эти идеи, предлагая целостную концептуальную модель.

**Цель исследования** – выявить и проанализировать имеющиеся педагогические этапы интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ педагогических высших учебных заведений России и Китая на основе сравнительного анализа теоретических подходов и нормативных требований двух стран, а также обосновать авторскую идею.

## Материалы и методы исследования

В работе использованы общенаучные теоретические методы: анализ и синтез психолого–педагогической литературы по проблеме эстетической подготовки педагогов; сравнительно–сопоставительный анализ нормативных документов, регламентирующих содержание педагогического образования в России (ФГОС ВО) и Китае (официальные постановления и стратегии развития эстетического образования); системное моделирование. Исследование носит теоретико–методологический характер. Материалом для анализа послужили федеральные государственные образовательные стандарты, нормативные акты КНР, монографии и статьи российских и китайских авторов по проблематике эстетического образования и педагогического проектирования. При этом источники, посвящённые школьному и дошкольному образованию, использовались только для характеристики будущей профессиональной деятельности педагогов, тогда как для обоснования струк-

туры и содержания университетской подготовки привлекались публикации, непосредственно относящиеся к высшему педагогическому образованию.

## Результаты исследования и их обсуждение

На основе сравнительного анализа российских и китайских практик проектирования учебных планов, а также с учетом структурных компонентов готовности будущего педагога к практической деятельности эстетической направленности выделены четыре взаимодополняющих и взаимообусловленных этапа интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ высших учебных заведений для подготовки педагогов.

*Результаты теоретического анализа*

Под готовностью будущего педагога к эстетико–педагогической деятельности понимается интегративное профессионально–личностное образование, включающее мотивационно–ценностное отношение к такой деятельности, систему необходимых знаний, способность проектировать и осуществлять соответствующие педагогические действия, а также способность оценивать и корректировать собственную практику [11]. В соответствии с этим определением в структуре готовности выделены мотивационный, познавательный, процессуальный и рефлексивный компоненты [12]. Выделение компонентов носит теоретический характер и требует дальнейшей проверки их факторной и критериальной валидности.

В центре настоящего исследования находится структура готовности будущего педагога к эстетико-педагогической деятельности, а эстетический компонент учебных программ рассматривается как средство её формирования. Четыре выделенных компонента (мотивационный, познавательный, процессуальный, рефлексивный) относятся к личности педагога, а не к самому эстетическому содержанию [13-15]. Выбор четырёхкомпонентной структуры обусловлен необходимостью отразить целостный характер готовности, включающей ценностно-смысловой, когнитивный, деятельностный и оценочно-корректирующий аспекты профессиональной активности педагога [16]. В отличие от модели М. Ж. Ордашевой, в которой профессионально-эстетическая готовность будущих учителей изобразительного искусства представлена иной совокупностью компонентов, в настоящем исследовании предложенная структура, с одной стороны, опирается на классические подходы к структуре профессиональной готовности, а с другой – позволяет соотнести каждый компонент с конкретным этапом интеграции эстетического содержания в учебный процесс. Такое соотнесение необходимо для проектирования образовательных программ, поскольку даёт возможность целенаправленно подбирать содержание и формы работы на каждом этапе. При этом автор осознаёт, что предложенная структура является теоретическим конструктом и нуждается в дальнейшей эмпирической валидизации. Эти этапы формируют целостную систему и логически выстроены в последовательную цепочку: от теоретического фундамента через практическую адаптацию и междисциплинарное проектирование к рефлексивно–оценочному сопровождению (рисунок).

*Этапы интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ*

Предлагаемая модель носит концептуальный характер. Связи между этапами интеграции и компонентами готовности рассматриваются как гипотезы, требующие эмпирической проверки. В соответствии с типом статьи – «концептуальная модель» – ниже представлены не эмпирически подтверждённые результаты, а теоретически обоснованные направления интеграции, которые могут служить основой для последующих прикладных исследований. Например, предполагается, что обязательный теоретический модуль преимущественно влияет на познавательный компонент, проектная деятельность – на мотивационный и процессуальный, рефлексивно–оценочное сопровождение – на рефлексивный. Однако эти связи не являются строго однозначными: каждый этап может оказывать

сопутствующее влияние на другие компоненты. На основании теоретического анализа предложена концептуальная модель, включающая четыре потенциальных направления интеграции эстетического компонента. Их влияние на компоненты готовности будущих педагогов требует эмпирической проверки.

Соответствие между этапами и компонентами готовности не является жёстко однозначным: каждый этап направлен преимущественно на определённый компонент, но может оказывать сопутствующее влияние на другие. Так, первый этап нацелен на познавательный компонент, однако знакомство с яркими образцами искусства и связь теории с будущей педагогической практикой могут дополнительно стимулировать мотивацию. Второй этап преимущественно развивает процессуальный компонент, но в ходе методической работы также актуализируются знания и формируется положительное отношение к эстетико-педагогической деятельности. Третий этап одновременно усиливает мотивационный и процессуальный компоненты, поскольку проектная деятельность предполагает личную заинтересованность и практическую реализацию замыслов. Четвёртый этап направлен на рефлексивный компонент, но через анализ собственного опыта неизбежно затрагивает познавательную и мотивационную сферы.

В формализованном виде предполагаемые связи могут быть представлены следующим образом: обязательный теоретический модуль направлен преимущественно на познавательный компонент; практико-педагогическая адаптация – на процессуальный; междисциплинарная проектная деятельность – на мотивационный и процессуальный; рефлексивно-оценочное сопровождение (портфолио, рефлексивный дневник) – на рефлексивный компонент. Данные связи рассматриваются как проверяемые гипотезы, поскольку эмпирическое подтверждение их действенности выходит за рамки настоящей концептуальной модели. Компоненты готовности взаимодействуют: знания переходят в профессиональное действие только при наличии мотивации, практики и рефлексии.

*Анализ нормативных документов России и Китая*

Проведённый сравнительный анализ нормативных документов России и Китая показал, что в обеих странах эстетическое воспитание признаётся обязательной составляющей подготовки будущего педагога, однако механизмы его включения в учебные планы различаются. В российских ФГОС ВО соответствующие компетенции распределены по нескольким блокам, тогда как в китайских нормативных документах делается акцент на системное встраивание эстетического компонента в каждую дисциплину. Эти различия учитывались при разработке авторской модели.

*Авторская концептуальная модель*

*Первый этап: теоретическое базовое включение эстетического модуля в обязательный блок учебной программы (направлен на познавательный компонент готовности).*

Данный этап предполагает закрепление унифицированного базового эстетического курса в обязательной части учебного плана, исключая перевод дисциплин эстетического цикла в факультативы. Содержание базового модуля строится по двум направлениям: общая теория эстетики и история мирового искусства, дополненная национальными художественными традициями России или Китая. В рамках данного этапа корректируется структура обязательного блока дисциплин. Вместо нескольких разрозненных коротких курсов формируется единый сквозной модуль, распределённый на 1–2 семестра первого курса обучения. Это позволяет заложить единый теоретический фундамент эстетического сознания студентов, выработать общую терминологию для дальнейшего междисциплинарного освоения эстетических тем, что способствует формированию познавательного компонента готовности будущего педагога [8]. Важной особенностью реализации данного этапа является привязка теоретических лекций к будущей педагогической деятельности: каждый раздел курса содержит примеры применения эстетических теорий при организации школьного обучения. В российских педагогических высших учебных заведениях при реализации данного этапа акцент делается на межкультурное сравнение разных художественных традиций и полихудожественный подход, тогда как в китайских высших учебных заведениях ядром базового эстетического модуля выступают традиционные виды национального искусства: каллиграфия, китайская живопись, народная музыка и театральные формы.

*Второй этап: практико–педагогическая адаптация эстетического содержания в блоке методических дисциплин (направлен на процессуальный компонент готовности).*

Также данный этап реализуется на уровне общепрофессиональных методических

курсов, посвященных технологиям преподавания профильных дисциплин в рамках направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)». Суть подхода – включение специальных разделов, связанных с эстетическим наполнением учебного процесса, в содержание методических дисциплин, что целенаправленно способствует формированию процессуального компонента готовности будущего педагога к практической деятельности эстетической направленности [6]. Практическая направленность такой подготовки связана с тем, что М. Р. Арпентьева, Р. Р. Гасанова и М. С. Пупкова рассматривают эстетическую компетентность как интегративное качество личности, обеспечивающее способность реализовывать эстетический потенциал в профессиональной деятельности и социальной сфере [6]. Для студентов музыкальных профилей вводятся блоки по методике организации музыкально–эстетической деятельности школьников, разработке сценариев музыкальных праздников и конкурсов; для будущих учителей хореографии – разделы по постановке танцевальных номеров с учетом возрастных особенностей детей, эстетике движения; для студентов художественных профилей (изобразительное искусство, цифровая графика) – модули по методике организации изобразительной деятельности, эстетическому анализу произведений изобразительного искусства [17]. Данный этап не требует создания отдельных новых дисциплин, но предполагает корректировку рабочих программ существующих методических курсов, добавление практических заданий на разработку эстетически ориентированных школьных уроков. При проектировании таких заданий необходимо учитывать личностно ориентированный характер педагогического взаимодействия, который создает условия для развития эстетических и творческих способностей младших школьников [4; 6; 8]. Р. А. Магомадова [7], а также Е. А. Макарова и Е. А. Сорокина [18] связывают профессиональную подготовку будущего учителя с формированием его эстетической культуры в образовательной среде университета. Н. Н. Шевченко объединяет методическую и практическую подготовку будущих педагогов с освоением профессиональных знаний и способов деятельности, необходимых для организации художественно–творческой работы [8]. Такая работа соответствует предусмотренной образовательным стандартом задаче, включающей проектирование содержания образовательных программ и современных педагогических технологий с учетом особенностей образовательного процесса, задач воспитания и развития личности через преподаваемые учебные предметы [1]. Целесообразность применения практико-педагогической адаптации эстетического содержания с использованием ИКТ подтверждается исследованиями в области подготовки педагогов [6; 8], а также опытом использования компьютерных технологий в школьном обучении [9]. Современные информационно–коммуникационные технологии расширяют практический инструментарий эстетического воспитания, позволяя организовывать виртуальные экскурсии по музеям, использовать аудио– и видеоматериалы, а также вовлекать студентов в создание художественно–творческого цифрового контента [10; 19]. В российской практике этап часто реализуется через интеграцию музыкальных и изобразительных средств в преподавание дисциплин художественно–эстетического цикла [6], тогда как в китайской системе акцент делается на внедрение элементов традиционной художественной культуры в различные учебные предметы, что соответствует теории «большого эстетического образования». Актуальность такой подготовки обусловлена современными изменениями художественной сферы. Тан Сяолин [20] и Чэнь Сюйфэй [11] отмечают, что удовлетворённость студентов педагогических направлений подготовки эстетическим образованием зависит от системного включения эстетических дисциплин в учебные планы, а развитие медиасреды и новых направлений искусства актуализирует проблему профессиональной подготовки учителей современного искусства.

*Третий этап: междисциплинарное сквозное проектирование эстетических проектных модулей (направлен на мотивационный и процессуальный компоненты готовности).*

Данный этап основан на создании сквозных междисциплинарных проектных модулей, реализуемых в рамках вариативной части учебной программы или блоков практик. Такие модули объединяют знания из эстетики, педагогики, методик преподавания и культурологии, предполагают групповую проектную деятельность студентов. Сравнительный анализ опыта китайских и российских университетов показывает, что интеграция эстетического и профессионального образования может осуществляться посредством включения эстетического содержания в профильную подготовку студентов, в том числе в программы инженерной направленности [12]. Междисциплинарный характер подобных модулей соответствует современным тен-

денциям художественного образования, связанным с объединением визуальных, аудиальных и кинестетических способов художественного выражения при создании новых форм искусства [13, с. 17]. Необходимость подобного междисциплинарного взаимодействия подтверждается китайскими исследователями, которые отмечают, что эстетическое воспитание в учебном плане не является отдельным, изолированным предметом, а представляет собой образовательную структуру, интегрирующую эстетический компонент с различными учебными дисциплинами, где главной целью выступает совместное обучение [2]. Междисциплинарный подход соответствует положениям китайской образовательной политики, согласно которым необходимо органично интегрировать содержание эстетического воспитания смежных дисциплин, способствовать глубокой интеграции учебной деятельности, социальной практики и воспитания в кампусе [3]. Этап одновременно стимулирует мотивационный компонент (через вовлечение в творческую деятельность) и развивает процессуальный компонент (через практическую реализацию проектов) готовности будущего педагога. Значение активной практической деятельности объясняется тем, что ценностное отношение формируется под влиянием жизненной практики при наличии внутренней активности человека [8].

Примером междисциплинарного модуля может стать проект «Эстетическая среда школы», где студенты разрабатывают сценарии художественных мероприятий, проектируют эстетические учебные материалы для разных возрастных групп, создают программы внеурочной деятельности эстетической направленности. В Елецком государственном университете им. И. А. Бунина подобные проекты реализуются в рамках студенческих фестивалей искусств, творческих мастерских по эстетическому образованию и лабораторий эстетического образования. В практике китайских педагогических высших учебных заведений подобные модули могут реализовываться через волонтерские проекты в сельских школах, организацию художественных мероприятий, экспедиции по сбору и изучению местных культурных традиций [2; 3]. В учебном плане междисциплинарные эстетические проекты оформляются как самостоятельные модули практической подготовки с определённым количеством зачётных единиц и обязательной аттестацией по итогам проектной деятельности.

*Четвертый этап: рефлексивно–оценочное сопровождение эстетической подготовки через систему промежуточных и итоговых аттестаций (направлен на рефлексивный компонент готовности).*

Данный этап предполагает включение оценочных процедур, создающих условия для рефлексии над эстетико–педагогическим опытом студентов. Традиционная система аттестации не всегда в полной мере позволяет оценить практическую готовность к эстетическому воспитанию школьников. Оценка сформированности эстетической культуры студентов должна носить комплексный характер и опираться на систему критериев, показателей и уровней, позволяющую учитывать эстетические знания, эмоционально–ценностное отношение и опыт эстетической деятельности [14]. Интеграция через оценку предполагает включение во все виды аттестационных испытаний элементов эстетико–педагогической деятельности: защита методических разработок эстетических уроков, презентация собственных художественно–педагогических проектов, портфолио эстетических практик во время педагогических стажировок. Данные формы контроля закрепляются в фондах оценочных средств всех дисциплин учебной программы, создавая единое рефлексивное пространство для формирования эстетической культуры студентов. В российской практике особое внимание уделяется рефлексивным отчетам по педагогической практике и супервизии, тогда как в китайской системе широко используются кейс–семинары с участием практикующих учителей и рефлексивные дневники [2]. Благодаря данному этапу (рефлексивно–оценочному сопровождению) эстетический компонент становится постоянным объектом самоанализа и профессионального совершенствования будущих педагогов на всех этапах обучения, обеспечивая замкнутый цикл: практика → рефлексия → совершенствование → новая практика [5].

В научных трудах российских и китайских педагогов неоднократно подчеркивается значимость эстетического компонента в профессиональном становлении учителя.

Н. Н. Шевченко отмечает, что гармоничное сочетание художественно–эстетической и педагогической деятельности становится основой формирования профессиональной готовности будущих учителей [8]. Китайский исследователь Дуань Вэньтин анализирует перспективы включения традиционной национальной эстетики в учебные планы педагогических высших учебных заведений, критикуя разрозненность существующих эстетических курсов [15].

М. Ж. Ордашева [16], а также М. Р. Арпентьева и ее коллеги [6] подчеркивали

необходимость системного подхода к развитию мотивационного, познавательного, процессуального и рефлексивного компонентов готовности будущих педагогов. Исследователи Т. Г. Русакова и Т. А. Бреусова акцентируют внимание на роли образовательной среды университета как системообразующего фактора становления эстетической компетенции будущих педагогов [5].

Для реализации описанных четырех этапов интеграции необходимы общие организационные условия для высших учебных заведений обеих стран: наличие подготовленного профессорско–преподавательского состава, обладающего компетенциями в области эстетики и педагогики; современная материально–техническая база для организации художественной практики; согласованность рабочих программ всех дисциплин с единым сквозным эстетическим модулем учебного плана.

Специфические особенности реализации связаны с национальными стратегиями эстетического образования. В российских педагогических высших учебных заведениях при интеграции эстетического компонента акцент делается на межкультурном сравнении разных художественных традиций, полихудожественном подходе и формировании эстетического восприятия многонациональной культуры. В структуру учебных программ включаются модули по искусству народов России, европейской и азиатской классической художественной культуре. В китайских педагогических высших учебных заведениях ядром интегрированного эстетического модуля выступают традиционные виды национального искусства: каллиграфия, китайская живопись, народная музыка и театральные формы. Все междисциплинарные проекты и методические блоки ориентированы на передачу и современную трансформацию национальной эстетической культуры, что отражается в структуре обязательных дисциплин учебного плана. Необходимость обращения к национальному художественному наследию обусловлена тем, что представления о красоте, гармонии и мере формируются под влиянием языка, фольклора и народного искусства [17].

Несмотря на национальные различия, все четыре описанных этапа интеграции применимы как для российских, так и для китайских программ подготовки педагогов, требуя лишь адаптации содержания эстетических модулей под особенности национальной художественной культуры. При этом национальная эстетическая культура будущего учителя должна основываться на национальных эстетических ценностях и личностном опыте взаимодействия с культурой, сохраняя направленность на общечеловеческие ценности и понимание вклада собственной национальной традиции в мировую эстетическую культуру [18]. В результате сравнительного анализа можно выделить общий подход, характерный для обеих стран, – системную интеграцию эстетического компонента в профессиональную подготовку педагога. Его ценность состоит в признании эстетического воспитания неотъемлемой частью формирования личности учителя. Частные подходы различаются. Российский подход может быть определён как полихудожественный и межкультурно-ориентированный: он предполагает включение разнообразных художественных традиций, сравнительное изучение культур и акцент на многонациональной эстетической картине мира. Его ценность – развитие у будущих педагогов способности к диалогу культур и широкого эстетического кругозора. Китайский подход может быть назван традиционно ориентированным: его ядро составляют национальные виды искусства, которые интегрируются в учебные дисциплины. Ценность данного подхода – сохранение культурной идентичности, трансляция национальных эстетических ценностей и формирование у педагогов глубокой связи с собственной традицией.

Важным условием эффективной реализации всех четырех этапов является целенаправленная организация образовательной среды университета, включающей не только материально–пространственный компонент (художественные галереи, концертные залы, творческие мастерские), но и устойчивую систему культурных событий (фестивали искусств, тематические выставки, творческие конкурсы). Значимую роль в данном процессе играет и клубная деятельность, объединяющая музыку, литературу, живопись, кинематограф, театр, вокал и танец и способствующая формированию эстетического вкуса студентов, развитию их интереса к поиску и созданию прекрасного [19]. На примере Нанкинского педагогического университета Дуань Вэньтин рассматривает организацию художественных представлений и выставок как одно из средств формирования культуры эстетического воспитания и приобщения участников образовательного процесса к эстетической культуре [15]. Т. Г. Русакова и Т. А. Бреусова видят эстетическую развивающую среду как культурно–общественный феномен, способствующий развитию эстетической культуры и творческой мотивации участников образовательного процесса, а также их приобщению к общекультурным ценностям и национальным традициям [5].

Практическая значимость исследования состоит в том, что выявленные и обоснованные четыре этапа интеграции эстетического компонента могут быть непосредственно использованы при проектировании и модернизации основных профессиональных образовательных программ по направлению «Педагогическое образование» в российских и китайских университетах. Предложенная система этапов может способствовать последовательному формированию у будущих педагогов мотивационного, познавательного, процессуального и рефлексивного компонентов готовности. Материалы сравнительного анализа нормативных документов и теоретических подходов двух стран могут применяться преподавателями высшей школы при разработке учебных планов, рабочих программ дисциплин эстетического цикла, фондов оценочных средств, программ педагогических практик и внеаудиторной работы со студентами.

Приведённые в статье примеры реализации каждого этапа могут служить методическими ориентирами для аналогичных разработок в конкретных образовательных организациях с учётом их национальной и региональной специфики. Теоретическая значимость исследования заключается в уточнении понятия «готовность будущего педагога к эстетико-педагогической деятельности» и обосновании её четырёхкомпонентной структуры (мотивационный, познавательный, процессуальный, рефлексивный компоненты). Научная новизна состоит в том, что на основе сравнительного анализа российского и китайского опыта разработана концептуальная модель поэтапной интеграции эстетического компонента в учебные программы педагогических вузов, а также выявлены общие и частные подходы к такой интеграции, определена их ценность для формирования готовности будущих педагогов.

*Ограничения исследования.* Настоящее исследование носит теоретико-концептуальный характер. Предложенные направления интеграции эстетического компонента не проходили экспериментальной апробации, поэтому их влияние на мотивационный, познавательный, процессуальный и рефлексивный компоненты готовности будущих педагогов рассматривается как гипотеза. Кроме того, сравнительный анализ ограничен доступными нормативными документами и опубликованными описаниями практик, а не систематическим изучением учебных планов конкретных университетов. Это не позволяет делать окончательные выводы об эффективности предложенной модели и требует дальнейших эмпирических исследований.

**Заключение**

Представленная работа является концептуальной моделью, описывающей возможные этапы интеграции эстетического компонента, и не претендует на эмпирическое доказательство их эффективности. Интеграция эстетического компонента представляет собой комплексную перестройку структуры учебной программы по четырем взаимосвязанным этапам, каждый из которых целенаправленно способствует формированию соответствующих компонентов готовности будущего педагога к практической деятельности эстетической направленности: теоретическое базовое включение эстетического модуля в обязательный блок дисциплин (познавательный компонент), практико–педагогическая адаптация эстетического содержания в методических курсах (процессуальный компонент), междисциплинарное проектирование сквозных эстетических проектных модулей (мотивационный и процессуальный компоненты) и рефлексивно–оценочное сопровождение эстетической подготовки через систему аттестации (рефлексивный компонент). Четыре этапа образуют динамическое единство: мотивация задает направление, познание создает основу, процессуальная реализация обеспечивает трансформацию, а рефлексия стимулирует поступательное развитие.

Благодаря теоретико–методологическому характеру исследования автору удалось на основе сравнительного анализа нормативных документов и психолого–педагогической литературы выявить и проанализировать имеющиеся этапы возможной интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ высших учебных заведений России и Китая, а также определить авторскую идею. Авторская идея заключается в том, чтобы, продвигаясь по указанным четырем этапам, провести диагностическую работу со студентами университетов России и Китая; разработать авторский лекционный курс, посвященный интеграции эстетического компонента в структуру учебных программ высших учебных заведений России и Китая и прочитать его в Елецком государственном университете им. И. А. Бунина и в Хэбэйском педагогическом университете; внедрить в аудиторную и внеаудиторную работу со студентами – будущими педагогами серию занятий, посвященных хореографии и искусству чайной церемонии. Дальнейшее исследование предполагает движение от теоретического фундамента через практическую адаптацию и междисциплинарное проектирование к рефлексивно–оценочному сопровожде-

нию. Описанные этапы могут обеспечивать целостность системы эстетического образования, позволят последовательно формировать готовность будущих педагогов к эстетико–педагогической деятельности в единстве её мотивационного, познавательного, процессуального и рефлексивного компонентов и создать единое образовательное пространство для развития эстетической культуры студентов педагогических направлений подготовки.

Перспективой дальнейших исследований является опытно–экспериментальная апробация предложенных этапов интеграции в реальной образовательной практике университетов с целью оценки динамики сформированности мотивационного, познавательного, процессуального и рефлексивного компонентов готовности будущих педагогов.

Реализация данных этапов может способствовать преодолению фрагментарности художественно-эстетической подготовки будущих педагогов, сокращению разрыва между теоретическими знаниями по эстетике и реальной школьной педагогической практикой, последовательному формированию готовности студентов к организации эстетического воспитания обучающихся. Учет национальных особенностей российского и китайского образования при проектировании интегрированных эстетических блоков учебных программ обеспечивает гармоничное сочетание общемировых художественных достижений и собственной культурной традиции в профессиональном становлении учителя. Практическая значимость представленных результатов заключается в возможности их использования для проектирования эстетико–ориентированных учебных модулей и организации педагогической практики будущих учителей в вузах России и Китая.

## Список литературы

1. Российская Федерация. Министерство науки и высшего образования. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки): приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. № 125: зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 15 марта 2018 г., регистрационный № 50358 // Официальный интернет–портал правовой информации. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201803160007 (дата обращения: 27.08.2026).

2. Юй Пин, Инь Шидун. Содержание, ценность и практические пути концепции эстетического воспитания через учебные дисциплины // Образование и педагогическая наука. 2023. Т. 37. № 6. С. 43–54. URL: https://link.cnki.net/doi/10.13627/j.cnki.cdjy.2023.06.005 (дата обращения: 24.07.2026). (На кит. яз.)

3. Канцелярия Центрального комитета Коммунистической партии Китая, Канцелярия Государственного совета КНР. О всестороннем усилении и совершенствовании работы по эстетическому воспитанию в школах в новую эпоху [关于全面加强和改进新时代学校美育工作的意见]: документ от 15 октября 2020 г. // Официальный портал Правительства города Пекина «Шоуду-чжичуан». URL: https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202010/t20201016_2112788.html (дата обращения: 03.09.2026). (На кит. яз.)

4. Волчегорская Е. Ю. Личностно ориентированное эстетическое воспитание младших школьников: методология, теория, практика : автореф. дис. … д-ра пед. наук: 13.00.01. Челябинск, 2007. 41 с. URL: https://www.dissercat.com/content/lichnostno–orientirovannoe–esteticheskoe–vospitanie–mladshikh–shkolnikov–metodologiya–teoriy (дата обращения: 24.07.2026).

5. Русакова Т. Г., Бреусова Т. А. Эстетическая развивающая среда образовательного учреждения поликультурного региона: компоненты, функции, критерии оценки // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 9(128). С. 125–129. URL: http://vestnik.osu.ru/2011_9/20.pdf (дата обращения: 24.07.2026).

6. Арпентьева М. Р., Гасанова Р. Р., Пупкова М. С. Эстетическая подготовка педагогов: инклюзивные аспекты общего и дополнительного образования // Педагогический журнал. 2020. Т. 10. № 1А. С. 189–201. URL: http://publishing–vak.ru/file/archive–pedagogy–2020–1/23–arpenteva.pdf (дата обращения: 24.07.2026).

7. Магомадова Р. А. Формирование эстетической культуры будущего учителя в образовательной системе государственного университета (на примере факультета адыгейской филологии и культуры АГУ) // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2007. № 4. С. 109–116. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie–esteticheskoy–kultury–buduschego–uchitelya–v–obrazovatelnoy–sisteme–gosudarstvennogo–universiteta–na–primere–fakulteta–1 (дата обращения: 24.07.2026).

8. Шевченко Н. Н. Профессиональная подготовка будущего учителя на основе взаимосвязи педагогической и художественно-эстетической деятельности // Казанский педагогический журнал. 2021. № 2(145). С. 51–56. DOI: 10.51379/KPJ.2021.146.3.006. URL: https://kpedj.ru/upload/iblock/54f/xdu671afrhig2txkwjzlyng3y2nx7yml/kpj_2021_2.pdf (дата обращения: 24.07.2026).

9. Ибрагимова Т. Н. Использование информационно–компьютерных технологий при обучении в школе // Символ науки. 2020. № 7. С. 52–54. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie–informatsionno–kompyuternyh–tehnologiy–pri–obuchenii–v–shkole (дата обращения: 17.07.2026).

10. Быстрова Н. В., Дудкина С. Ю., Ураков А. А. Роль эстетического воспитания студентов в образовательно–воспитательном пространстве вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77–2. С. 63–65. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol–esteticheskogo–vospitaniya–studentov–v–obrazovatelno–vospitatelnom–prostranstve–vuza–2 (дата обращения: 04.08.2026).

11. Чэнь Сюйфэй. Художественное образование в школах Китая: проблемы и перспективы // Научный аспект. 2024. Т. 58. № 5. С. 7859–7864. URL: https://na–journal.ru/arhiv/13479–zhurnal–nauchnyj–aspekt–5–2024–tom58 (дата обращения: 24.07.2026).

12. Инь Хан. Исследование модели интеграции эстетического образования и профессионального образования в китайских и зарубежных университетах в контексте современных международных тенденций // Мир науки, культуры, образования. 2025. № 2(111). С. 135–137. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie–modeli–integratsii–esteticheskogo–obrazovaniya–i–professionalnogo–obrazovaniya–v–kitayskih–i–zarubezhnyh–universitetah (дата обращения: 04.08.2026).

13. Bresler L. (ed.). International Handbook of Research in Arts Education. Dordrecht: Springer, 2007. XLII,

1629 p. (Springer International Handbooks of Education. Vol. 16). DOI: 10.1007/978-1-4020-3052-9.

14. Нетреба О. А. Оценка уровня сформированности эстетической культуры личности в условиях вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 84–2. С. 271–273. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka–urovnya–sformirovannosti–esteticheskoy–kultury–lichnosti–v–usloviyah–vuza (дата обращения: 04.08.2026).

15. Дуань Вэньтин (段文婷). Практические пути формирования культуры эстетического воспитания в высшей школе в условиях новых качественных производительных сил: на примере Нанкинского педагогического университета [新质生产力背景下高校美育文化建设的实践路径－以南京师范大学为例] // Современное профессиональное образование [现代职业教育]. 2024. № 36. С. 25–28. URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=olKMAP09vekMPK4t6w2RZW1k2jLwhnXohfADaiRobiokBXUr1q925P_RyRqN31gZCnhbNdY5oyS-2dme6ea7Yh3ZjQwcnWmdcQ8aZlCUIfCEF5iT5LFk15Dd5WbKnwigdlJufEoFRc6ZjPQOjacBh56vOuD50cAyd3QJvJHQ=&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 24.07.2026). (На кит. яз.)

16. Ордашева М. Ж. Модель формирования профессионально-эстетической готовности будущих учителей изобразительного искусства // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=28361 (дата обращения: 24.07.2026).

17. Мамадалиев М. М. Значение национальных традиций в нравственно–эстетическом развитии общества // Universum: общественные науки. 2026. № 2(129). С. 51–53. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie–natsionalnyh–traditsiy–v–nravstvenno–esteticheskom–razvitii–obschestva (дата обращения: 04.08.2026).

18. Макарова Е. А., Сорокина Е. А. Национальная эстетическая культура как качество личности будущего учителя // Мир науки. Педагогика и психология. 2022. Т. 10. № 3. URL: https://mir-nauki.com/PDF/31PDMN322.pdf (дата обращения: 04.08.2026).

19. Нетреба О. А. Формирование эстетической культуры студентов в процессе клубной деятельности в вузе // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 84–3. С. 349–352. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie–esteticheskoy–kultury–studentov–v–protsesse–klubnoy–deyatelnosti–v–vuze (дата обращения: 04.08.2026).

20. Тан Сяолин. Удовлетворённость студентов педагогических специальностей эстетическим образованием и факторы, влияющие на неё // Журнал педагогического образования. 2021. Т. 8. № 4. С. 56–64.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют, что связаны соглашениями о конфиденциальности, которые не позволяют раскрывать их конфликт интересов по данной работе.

**Conflict of interest:** The authors state that they are bound by confidentiality agreements that do not allow them to disclose their conflict of interest in this work.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.1:372.881.1
DOI

CC BY 4.0

# ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СПОНТАННОЙ ИНОЯЗЫЧНОЙ РЕЧИ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

**Габдуллина А. Ш. ORCID ID 0000-0002-6239-158**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: conlimon@yandex.ru*

Настоящая статья представляет собой повествовательный теоретический обзор. Актуальность работы определяется растущим спросом на специалистов, способных к неподготовленному иноязычному общению в условиях расширения международного сотрудничества, при условии, что единая технология обучения такому общению в методической науке пока отсутствует. Цель работы заключалась в анализе наиболее эффективных методик и средств обучения, применимых для повышения эффективности обучения неподготовленному иноязычному общению студентов неязыковых направлений подготовки. Автором были рассмотрены коммуникативная методика и аудиовизуальный метод с точки зрения обучения спонтанной иноязычной речи (СИР). Проанализированы традиционные и технические средства обучения, а также их роль в контексте современных образовательных требований. Особое внимание уделено геймификации как способу реализации этих методов и средств. Теоретический анализ позволяет предположить, что геймификация обладает потенциалом мотивировать студентов к активному участию в образовательном процессе и создавать условия для профессиональных коммуникативных ситуаций. Согласно рассмотренным источникам, геймификация может способствовать реализации дидактических, лингвистических и психологических принципов обучения, повышению интереса и вовлеченности студентов, а также снижению языковых барьеров и страхов, связанных с неподготовленным общением на иностранном языке (ИЯ). Методический анализ особенностей геймификации позволяет заключить, что она может быть интегрирована в обучение неподготовленному иноязычному общению, так как объединяет лучшие практики традиционных и современных методов.

**Ключевые слова: спонтанная иноязычная речь, коммуникативная методика, аудиовизуальный метод, геймификация**

# GAMIFICATION AS A MEANS OF ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF SPONTANEOUS FOREIGN LANGUAGE SPEECH TRAINING FOR STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES

**Gabdullina A. Sh. ORCID ID 0000-0002-6239-158**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation", Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: conlimon@yandex.ru*

The article is a narrative theoretical review. The purpose of the study was to analyze the most effective teaching methods and tools applicable to enhancing the training of unprepared foreign language communication for students of non-linguistic specialties. The author examined the communicative methodology and the audiovisual method from the perspective of teaching spontaneous foreign language speech (SFLS). Traditional and technical teaching tools were analyzed, along with their role in the context of modern educational requirements. Particular attention was paid to gamification as a way of implementing these methods and tools. The theoretical analysis suggests that gamification has the potential to motivate students to actively participate in the educational process and to create conditions for professional communicative situations. According to the sources reviewed, gamification may contribute to the implementation of didactic, linguistic and psychological principles of teaching, to increasing students' interest and engagement, and to reducing the language barriers and fears associated with unprepared communication in a foreign language (FL); these statements are theoretical in nature and require experimental verification. A methodological analysis of the characteristics of gamification suggests that it can be integrated into the training of unprepared foreign language communication, as it combines the best practices of traditional and modern methods. Further research may be aimed at developing a unified methodology and its empirical validation.

**Keywords: spontaneous foreign language speech, gamification, communicative methodology, audiovisual method**

## Введение

В современном мире необходимость овладения ИЯ приобретает все большую актуальность. Это вызвано расширением международного сотрудничества, появлением большого количества интернациональных компаний, которые находятся в поиске сотрудников, владеющих не только профессиональными компетенциями, но и иноязычной компетенцией. В связи с этим на первый

план выходят навыки неподготовленного общения на ИЯ, так как именно они необходимы для непосредственной устной коммуникации. Однако на современном этапе существования методической науки ученые отмечают, что единая технология обучения неподготовленному иноязычному общению фактически отсутствует [1, с. 87]. Несмотря на это, для того чтобы образовательный процесс был максимально продуктивным, важно понимать, какие методы и средства обучения могут быть наиболее эффективными для формирования обозначенных выше навыков и умений и, как следствие, для формирования и развития у студентов СИР и коммуникативной компетенции.

**Цель исследования** – на основе анализа современных методик и средств обучения неподготовленному иноязычному общению определить потенциал геймификации как средства повышения эффективности обучения СИР студентов неязыковых направлений подготовки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) охарактеризовать СИР как объект обучения и рассмотреть методики, применимые для ее формирования;

2) проанализировать традиционные и технические средства обучения с точки зрения их эффективности при развитии данного вида речевой деятельности;

3) выявить дидактический, лингвистический и психологический потенциал геймификации применительно к обучению СИР;

4) сформулировать практические рекомендации по применению геймификации при обучении студентов неязыковых направлений подготовки.

Гипотеза исследования заключается в предположении, что интеграция геймификации в процесс обучения СИР студентов неязыковых направлений подготовки позволяет повысить эффективность формирования данного вида речевой деятельности за счет реализации дидактических, лингвистических и психологических принципов обучения, соответствующих природе игровой деятельности. Верификация выдвинутой гипотезы на теоретическом уровне представлена в разделе «Результаты исследования и их обсуждение», а ее эмпирическая проверка составляет предмет дальнейшего исследования.

## Материалы и методы исследования

Материалом исследования послужили научные и учебно-методические публикации по проблемам обучения СИР, коммуникативной методике, аудиовизуальному методу и геймификации в языковом образовании. Основными методами исследования выступили теоретический анализ и обобщение научно-методической литературы по теме, а также сравнительно-сопоставительный анализ методов и средств обучения неподготовленному иноязычному общению.

## Результаты исследования и их обсуждение

В рамках современной методики обучения ИЯ одной из ведущих считается стратегия, которая подразумевает обучение одному виду речевой деятельности через другой. Это означает, что в ходе образовательного процесса обучение говорению, чтению, письму и аудированию не происходит изолированно. Наоборот, каждый из видов речевой деятельности может выступать как целью обучения, так и средством обучения [2, с. 18]. Эта стратегия особенно актуальна при обучении спонтанной речи, поскольку неподготовленное общение – комплексный навык, объединяющий умения разных видов речевой деятельности. Так, И. А. Бредихина отмечает, что обучение устной речи следует начинать с диалогических умений: диалог является самой естественной формой общения, с которой обучающиеся сталкиваются чаще всего [2, с. 34]. Диалогическим высказываниям свойственны простота речевых конструкций, связанная с невозможностью спланировать ответ заранее. А. Е. Мкртчян обращает внимание также на то, что коммуникативная стратегия упрощения высказывания оказывает положительное влияние на обучение СИР, так как в таком случае предпочтение отдается именно разговорным конструкциям [3, с. 17].

По мнению М. В. Архиповой, достаточно эффективной при обучении СИР может являться коммуникативная методика, основанная на коммуникативном подходе. Современные исследователи сходятся во мнении, что для этой методики характерно гармоничное сочетание в рамках образовательного процесса работы как над языковой, так и над содержательной стороной речи [4]. Это подразумевает, что преподавателю необходимо уделять одинаковое внимание как формированию теоретических знаний, так и практической стороне обучения. Конечным результатом применения данной методики является овладение коммуникативной компетенцией, связь которой с необходимостью формирования и развития СИР проявляется в том, что способность студентов к неподготовленному иноязычному общению напрямую взаимосвязана с уровнем владения различными языковыми навыками и умениями.

Важная особенность коммуникативной методики – широкое использование группового обучения: студенты учатся работать сообща и взаимодействовать в команде, в большей степени равняясь друг на друга, чем на преподавателя. Ведущая задача преподавателя при этом – мотивировать обучающихся к общению, координировать и направлять его, при необходимости корректируя [5, с. 7–8]. Для коммуникативной методики характерны и активные методы: «мозговой штурм», ролевые и имитационные игры, интервью, проекты, а также приемы драматизации, помогающие студентам выражать чувства и эмоции на ИЯ. Все они моделируют реальный процесс общения, естественным элементом которого выступает СИР [5, с. 9–10].

Эффективным в рамках коммуникативной методики может быть и аудиовизуальный метод. Его основная цель – обучение устному общению через многократное повторение и средства наглядности, а ключевое преимущество – широкое использование аутентичных материалов, которые служат речевыми образцами и имитируют реальную языковую среду, повышая мотивацию и интерес студентов. Однако этот метод особенно эффективен при кратковременном обучении: его изолированное применение в долгосрочной перспективе не сформирует всех необходимых умений [6, с. 31–32]. Поэтому важно отметить, что использование аудиовизуального метода при обучении спонтанному иноязычному общению приведет к положительным результатам только в случае сочетания его с другими методами, упомянутыми ранее.

Помимо сочетания методов преподавателю важно продумать подбор средств обучения. С одной стороны, учебные материалы должны учитывать интересы обучающихся, повышая их мотивацию и желание высказываться – необходимое условие практики спонтанного общения. С другой стороны, средства и приемы должны отвечать методическим требованиям и обеспечивать эффективное формирование умений.

В современной методике средства обучения принято делить на две категории. К первой относят традиционные средства – учебники, рабочие тетради, пособия. Вторая постоянно расширяется за счет технологического прогресса и включает инновационные средства: цифровые образовательные платформы, очки виртуальной реальности, цифровые ресурсы и другие [7, с. 102–103].

Развитие технологий позволило широко использовать на занятиях технические (ТСО) и цифровые средства обучения. Их главное достоинство – гибкость применения и возможность сделать материал интерактивным с помощью мультимедийных технологий; они также служат источником демонстрации аудиовизуальных средств [8, с. 26–27]. Поскольку технологическое обеспечение непрерывно совершенствуется, возможности ТСО и цифровых средств в формировании спонтанной речи практически неограниченны: они моделируют коммуникативные ситуации, приближенные к реальному общению, и позволяют широко применять игровые методы, эффективность которых рассмотрена далее.

Однако исследователи отмечают, что, несмотря на все преимущества использования современных технологий в качестве средств обучения, образовательный процесс не может строиться без учета традиционных средств, то есть игнорирование учебников, пособий, рабочих тетрадей может отрицательно сказываться на эффективности и результатах обучения. Также ученые обращают внимание на то, что при выборе средств важно учитывать психологический и эмоциональный фон, возраст обучающихся [7, с. 102].

По мнению автора, применительно к развитию СИР студентов неязыковых направлений подготовки наиболее эффективным является не изолированное использование какого-либо одного средства обучения, а сочетание технических (цифровых) средств с элементами геймификации при сохранении опоры на традиционные учебные материалы. Такое сочетание позволяет одновременно обеспечить аутентичность и вариативность речевых образцов (за счет цифровых и технических средств), устойчивость формируемых навыков (за счет традиционных материалов) и высокий уровень мотивации и вовлеченности обучающихся (за счет игровых элементов), что напрямую отвечает специфике неподготовленного общения как вида речевой деятельности, требующего одновременно автоматизированности навыков и гибкости их применения.

Таким образом, наиболее продуктивным для обучения СИР будет комбинированное применение различных методик и средств. Одним из способов грамотно выстроить обучение неподготовленному общению студентов неязыковых направлений выступает внедрение геймификации [9].

В отличие от более раннего исследования автора, посвященного развитию диалогической СИР средствами геймификации [10], а также совместной работы о развитии гибких навыков и креативного мышления при обучении ИЯ [9], настоящая статья решает более широкую задачу – сопоставить методы и средства обучения СИР в целом и систе-

матизировать дидактические и лингвистические принципы, реализация которых становится возможной благодаря геймификации.

Геймификация определяется как использование элементов игрового дизайна в неигровых контекстах для повышения вовлеченности и мотивации участников деятельности [11]. Включение элементов игры в образовательный процесс позволяет сделать его более привлекательным и увлекательным для обучающихся. Ученые-методисты отмечают, что одна из ведущих целей интеграции геймификации в процесс обучения ИЯ – мотивировать интерес к образовательному процессу [12]. Говоря о других преимуществах геймификации, важно отметить, что она позволяет реализовывать дидактические принципы обучения, которые преподавателю необходимо учитывать для построения эффективного образовательного процесса и повышения его эффективности. Взаимосвязь между геймификацией и дидактическими принципами описана в табл. 1.

Помимо основополагающих дидактических принципов, рассмотренных выше, геймификация позволяет реализовывать и лингвистические принципы обучения. Их взаимосвязь проанализирована в табл. 2.

Описанные выше особенности СИР позволяют сделать вывод о том, что при обучении этому виду речевой деятельности могут быть использованы коммуникативный и аудиовизуальный методы, однако для достижения высоких образовательных результатов необходимо грамотно сочетать, комбинировать различные методы.

**Таблица 1**

Взаимосвязь геймификации с реализацией дидактических принципов обучения

| Дидактический принцип | Способ реализации принципа с помощью внедрения геймификации |
|---|---|
| Принцип сознательности | Получение обратной связи, возможность оценивания, самооценивания, а также четкая цель |
| Принцип активности | Возможное повышение вовлеченности обучающегося за счет эмоционального фактора, а также взаимосвязь между активностью студента и игровой установкой: цель не будет достигнута без участия студента в процессе |
| Принцип наглядности | Использование мультимедийных технологий |
| Принцип прочности | Возможность многократного повторения с постоянным улучшением результата, предполагаемое снижение страха ошибки благодаря игровой установке, возможная эмоциональная вовлеченность |
| Принцип доступности и посильности | Возможность изменять сложность учебного материала и адаптировать его под нужды студентов |
| Принцип межсдисциплинарной координации | Гибкость геймификации позволяет адаптировать ее применение для преподавания ИЯ в рамках узкого профиля обучения, обеспечить профессиональную направленность изучения |
| Принцип индивидуализации | Возможность выбора индивидуальной образовательной траектории, а также упомянутая ранее гибкость и адаптивность геймификации |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 2**

Взаимосвязь геймификации с реализацией лингвистических принципов обучения

| Лингвистический принцип | Способ реализации принципа с помощью внедрения геймификации |
|---|---|
| Принцип системности | Применение в рамках игровых установок речевых единиц для осознания их коммуникативной и функциональной значимости |
| Принцип концентризма | Многократное обращение к ранее изученному материалу и его углубление благодаря внедрению таких элементов геймификации, как уровни, статусы и др. |
| Принцип стилистической дифференциации | Возможность благодаря игровым установкам определять различные правила взаимодействия и, как следствие, различные стили речи |
| Принцип минимизации | Возможность осуществлять отбор и контроль учебного материала таким образом, чтобы он соответствовал как уровню языка студентов, так и их профессиональным интересам |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Анализ геймификации как одного из способов повышения эффективности образовательного процесса показывает, что ее интеграция в процесс обучения СИР студентов неязыковых направлений подготовки может быть эффективной по нескольким причинам.

Во-первых, как было отмечено ранее, геймификация позволяет реализовать главные дидактические принципы, что обуславливает ее внедрение в образовательный процесс и позволяет грамотно организовать обучение.

Во-вторых, геймификация напрямую взаимосвязана с мотивацией: она позволяет преподавателю мотивировать обучающихся на более активное участие в образовательном процессе, что, в свою очередь, играет ключевую роль при обучении неподготовленной иноязычной речи. Ранее было отмечено, что для того, чтобы студенты были готовы к спонтанному общению на ИЯ, необходимо организовывать занятия таким образом, чтобы у обучающихся было желание и возможность практиковаться в устном общении, высказывать свои мысли и идеи. Геймификация же позволяет как создать коммуникативную ситуацию для речевой практики, так и вовлечь в нее студентов.

В-третьих, геймификация делает иноязычное образование более профессионально-ориентированным, что особенно важно для студентов неязыковых направлений: обучающиеся получают игровые установки, соотнесенные с реальными бытовыми и профессиональными ситуациями. Взаимодействие с актуальными проблемами и неигровыми задачами – необходимое условие применения геймификации [13].

Эффективность геймификации при обучении иноязычному общению подтверждается и в новейших исследованиях. Так, М. И. Долженкова и Т. Г. Бортникова, обобщая зарубежный эмпирический опыт, отмечают, что технологии геймификации позволяют реализовать большинство дидактических принципов и обладают выраженным потенциалом в области мотивации, вовлечения и погружения обучающихся в образовательный процесс, хотя и требуют учета возможных негативных тенденций их применения [14].

Особого внимания заслуживает опора на аутентичные мультимодальные ресурсы, моделирующие условия реальной коммуникации. С. В. Титова и С. Д. Игнатова показывают, что применение мультимодальных лингвистических корпусов, сочетающих аудиовизуальную наглядность с аутентичным речевым материалом, открывает широкие возможности для развития умений иноязычной интеракции, что согласуется с рассмотренными выше преимуществами аудиовизуального метода [15].

Подтверждается и значимость первоочередного формирования диалогических умений как основы неподготовленного общения. Л. И. Губарева, С. Ю. Дугина и Е. В. Кузнецова, апробировав методику обучения студентов неязыковых направлений диалогической речи в общении с чатботами на базе искусственного интеллекта, установили ее эффективность прежде всего при овладении умениями отвечать на запрос собеседника и переформулировать высказывание – то есть операциями, характерными для спонтанной речи [16].

Формирование СИР как объекта обучения требует четкого разграничения понятий, на которых строится настоящее исследование. В теории и методике обучения ИЯ способность обучающегося к неподготовленному иноязычному общению принято описывать через категории «навык» и «умение», содержание и соотношение которых у разных авторов трактуется неодинаково. Прежде чем обратиться к данным категориям, уточним смежные с ними понятия «общение» и «речь», используемые в настоящей статье. Вслед за Е. И. Пассовым «общение» в настоящей статье понимается как процесс взаимодействия людей, направленный на обмен информацией, а «речь» – как процесс использования языка для формулирования и выражения мысли, то есть как одна из форм реализации общения [17]. Н. Д. Гальскова и Н. И. Гез разграничивают «навык» и «умение»: навык рассматривается как автоматизированный компонент речевой деятельности (фонетический, лексический, грамматический), а умение – как способность сознательно и творчески использовать сформированные навыки для решения коммуникативной задачи в изменяющихся условиях общения [18]. Аналогичным образом Е. Н. Соловова определяет умение как более сложное, чем навык, речевое действие, требующее самостоятельного выбора языковых средств в зависимости от ситуации общения [19]. Опираясь на приведенные трактовки, в статье термины «иноязычная речь» и «иноязычное общение» используются как смежные: первый обозначает непосредственно акт порождения высказывания, второй – более широкий процесс речевого взаимодействия, одним из проявлений которого выступает спонтанная речь.

Под СИР в настоящей статье, вслед за И. Ю. Соловьевой, понимается неподготовленное, ситуативно обусловленное иноязычное высказывание, которому присущи: отсутствие времени на предварительное планирование; опора на упрощенные разго-

ворные конструкции; необходимость оперативно реагировать на реплики собеседника и перестраивать высказывание непосредственно в процессе говорения; высокая степень непредсказуемости коммуникативной ситуации [1]. Поскольку перечисленные признаки одновременно характеризуют то, что в методической литературе принято называть неподготовленным иноязычным общением, в тексте статьи термины «спонтанная иноязычная речь» и «неподготовленное иноязычное общение» далее используются как синонимичные.

Практическая значимость: примеры упражнений с применением геймификации

Практическая реализация рассмотренных теоретических положений предполагает применение геймифицированных упражнений на всех этапах формирования СИР – от языковых до собственно речевых. Ниже приведены примеры интерактивных упражнений, разработанных автором в соответствии с классификацией упражнений на языковые, условно-речевые и речевые.

*Языковые упражнения.* «Лексическая гонка» (Vocabulary Race) – студенты в командах за ограниченное время (60–90 с) должны как можно быстрее подобрать к предъявляемым на экране профессионально ориентированным терминам синонимы, антонимы или разговорные эквиваленты; за каждый верный вариант начисляются баллы, результаты фиксируются на общем табло. Упражнение автоматизирует лексические навыки, необходимые для последующего спонтанного говорения, и одновременно реализует принцип наглядности и принцип активности.

*Условно-речевые упражнения.* «Квест-диалог» (Dialogue Quest) – обучающиеся получают игровую роль и карту с последовательностью коммуникативных «станций» (например, регистрация на конференции – small talk с коллегой – уточнение деталей рабочей встречи); на каждой станции необходимо построить реплику по заданной модели, но с учетом меняющихся вводных, что тренирует умение оперативно перестраивать высказывание. Переход на следующую станцию открывается только после успешного выполнения задания, что реализует принцип прочности через многократное вариативное повторение.

*Речевые упражнения.* «Импровизационный питч» (Spontaneous Pitch Challenge) – по сигналу таймера студент вытягивает карточку с профессиональной или бытовой ситуацией (например, «объясните клиенту причину задержки поставки») и должен без подготовки выступить в течение 60 с; остальные участники группы оценивают выступление по игровой шкале («приз зрительских симпатий», уровни-«бейджи» за уверенность, аргументацию, спонтанность реакции). Регулярное выполнение подобных заданий напрямую развивает умение неподготовленного реагирования на изменяющуюся коммуникативную ситуацию и снижает языковой барьер за счет игровой, а не экзаменационной рамки происходящего.

Представленные комплексы упражнений могут быть адаптированы под конкретный профиль подготовки студентов неязыковых направлений за счет изменения тематического наполнения карточек и коммуникативных ситуаций при сохранении игровой механики.

## Заключение

Проведенный анализ позволяет сформулировать три группы конкретных результатов. Сопоставление коммуникативной методики и аудиовизуального метода показало, что их изолированное применение не обеспечивает полноценного формирования СИР: первая создает условия для речевого взаимодействия и групповой работы, второй дает аутентичные образцы устной речи, но по-настоящему работает лишь при кратковременном обучении и в сочетании с другими подходами. Анализ дидактических и лингвистических принципов обучения (табл. 1, 2) показал, что геймификация обладает структурным потенциалом для их реализации: она позволяет выстроить обратную связь и оценивание, регулировать сложность материала, обеспечивать многократное вариативное повторение речевых единиц и адаптировать содержание под профессиональный профиль обучающихся. Предложенные автором геймифицированные упражнения («Лексическая гонка», «Квест-диалог», «Импровизационный питч») показывают, как эта логика реализуется применительно к отдельным операциям спонтанной речи: подбору лексических эквивалентов, оперативной перестройке высказывания, неподготовленному реагированию на меняющуюся ситуацию.

У полученных результатов есть существенные ограничения. Исследование носит теоретический характер: выводы опираются на анализ научно-методической литературы и авторские методические разработки. Предложенные упражнения представлены как методические иллюстрации теоретических положений. За пределами анализа остались вопросы количественной оценки образовательного эффекта геймификации и ее возможных негативных эффектов, на которые указывают отдельные исследователи [13].

Сделанные выводы применимы прежде всего к обучению ИЯ студентов неязыковых направлений подготовки на уровне высшей школы, где СИР формируется как часть профессионально-ориентированной подготовки; перенос этих выводов на другие образовательные уровни или на подготовку студентов-лингвистов требует отдельной проверки.

Дальнейшая эмпирическая проверка выдвинутой гипотезы может строиться вокруг трех проверяемых предположений:

1) регулярное включение геймифицированных условно-речевых и речевых упражнений в занятия на протяжении семестра повышает беглость и скорость реагирования в заданиях на неподготовленное говорение по сравнению с группой, обучающейся без элементов геймификации; 2) применение геймификации снижает уровень тревожности студентов перед неподготовленным иноязычным общением, что можно измерить психометрическими методиками до и после эксперимента;

3) эффективность геймификации зависит от профиля подготовки студентов и характера профессионально ориентированных игровых ситуаций.

Проверка этих гипотез в экспериментальном исследовании – задача дальнейшей работы.

## Список литературы


1. Соловьева И. Ю. Формирование навыков спонтанной иноязычной речи как составляющей профессиональной компетентности студентов высшей школы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2019. № 1. С. 86–88. URL: http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2019/01/2019-01-19.pdf (дата обращения: 01.07.2026).

2. Бредихина И. А. Методика преподавания иностранных языков: Обучение основным видам речевой деятельности: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 104 с. ISBN 978-5-7996-2296-1.

3. Мкртчян А. Е. Развитие спонтанных речевых навыков в процессе обучения межкультурной коммуникации студентов-журналистов: учебно-методическое пособие. Ереван: Издательство РАУ, 2018. 233 с. [Электронный ресурс]. URL: https://science.rau.am/uploads/documents/1622989473.pdf (дата обращения: 01.08.2026). ISBN 978-9939-67-218-2.

4. Архипова М. В., Гецкина И. Б., Жерновая О. Р., Удалова И. М. Реализация коммуникативного подхода при обучении грамматической стороне речи иностранного языка // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11. № 3. URL: https://mir-nauki.com/PDF/21PDMN323.pdf (дата обращения: 23.06.2026).

5. Современные методы обучения иностранным языкам учебное пособие / Е. И. Воробьева, Ю. А. Макковеева, Н. Л. Ушакова, О. А. Щукина. Архангельск: САФУ, 2019. 110 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rucont.ru/efd/685200 (дата обращения: 01.08.2026). ISBN 978-5-261-01378-5.

6. Теоретические основы методики обучения иностранным языкам: учебно-методическое пособие / авт.-сост. Т. И. Скрипникова. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2017. 137 с. ISBN 978-5-7444-3875-3.

7. Лингводидактика и методика обучения иностранным языкам: учеб.-метод. пособие / авт.-сост. О. В. Михалева. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2022. 136 с. URL: https://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/10185 (дата обращения: 01.08.2026). ISBN 978-5-9984-1371-1.

8. Щукин А. Н., Фролова Г. М. Методика преподавания иностранных языков: учебник для студ. учреждений высш. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2015. 288 с. ISBN 978-5-4468-1476-3.

9. Габдуллина А. Ш., Рубцова А. В. Геймификация как средство развития гибких навыков и креативного мышления при обучении иностранному языку // Концепт. 2024. № 2 (февраль). С. 1–12. URL: http://e-koncept.ru/2024/241013.htm (дата обращения: 01.07.2026). DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11013.

10. Габдуллина А. Ш. Развитие спонтанной иноязычной диалогической речи через геймификацию студентов высшей школы // Концепт. 2023. № 12. С. 34–46. URL: http://e-koncept.ru/2023/231124.htm. (дата обращения: 01.07.2026).

11. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification” // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. New York: ACM, 2011. P. 9–15. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2181037.2181040 (дата обращения: 01.08.2026). DOI: 10.1145/2181037.2181040.

12. Василиженко М. В., Коротков Е. А., Мухаркина В. С. Геймификация как современный метод обучения иностранным языкам // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2020. Т. 12. № 2 (48). С. 43–50. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-kak-sovremennyy-metod-obucheniya-inostrannym-yazykam (дата обращения: 01.07.2026). DOI: 10.7442/2071-9620-2020-12-2-43-50.

13. Звонарева Н. А., Купалов Г. С. Потенциал и риски геймификации педагогического образования // Образование и право. 2021. № 2. С. 270–275. DOI: 10.24412/2076-1503-2021-2-270-275.

14. Долженкова М. И., Бортникова Т. Г. Особенности изучения и реализации технологий геймификации в практике преподавания иностранного языка // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2024. Т. 29. № 3. С. 635–647. DOI: 10.20310/1810-0201-2024-29-3-635-647.

15. Титова С. В., Игнатова С. Д. Технология применения мультимодальных лингвистических корпусов для развития умений иноязычной интеракции // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2024. Т. 29. № 6. С. 1539–1549. URL: https://vestsutmb.elpub.ru/jour/article/view/1367 (дата обращения: 01.07.2026). DOI: 10.20310/1810-0201-2024-29-6-1539-1549.

16. Губарева Л. И., Дугина С. Ю., Кузнецова Е. В. Обучение студентов диалогической речи посредством общения с чат-ботами на базе искусственного интеллекта // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2026. Т. 31. № 3. С. 559–570. DOI: 10.20310/1810-0201-2026-31-3-559-570. EDN: EPYJMR.

17. Пассов Е. И. Основы коммуникативной методики обучения иноязычному общению. М.: Русский язык, 1989. 276 с. ISBN 5-200-00717-8.

18. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика: учеб. пособие. 8-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2015. 363 с. ISBN 978-5-4468-1721-4.

19. Соловова Е. Н. Методика обучения иностранным языкам: базовый курс лекций: пособие для студентов пед. вузов и учителей. М.: Просвещение, 2002. 239 с. ISBN 5-09-010459-X.


**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147:004.8
DOI

CC BY 4.0

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АКАДЕМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ: РЕГУЛЯРНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, КОГНИТИВНЫЕ РИСКИ И ЭТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

**Иванушкина Н. В. ORCID 0000-0002-9332-6477,**
**Мантуленко В. В. ORCID 0000-0003-4333-7159**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», Самара, Российская Федерация, e-mail: mantoulenko@mail.ru*

Активное проникновение технологии искусственного интеллекта в образовательный контекст изменяет условия обучения, ценности и стратегии поведения всех участников образовательного процесса, порождая противоречие между повышением эффективности учебной работы и риском снижения самостоятельности мышления студентов. Целью данной статьи является анализ реальной практики использования нейросетей студентами для решения учебных задач, включающий оценку степени распространенности технологии в академической среде, возникающих когнитивных эффектов, степени доверия обучающихся к инструментам на базе искусственного интеллекта, а также изучения их этических установок, сопровождающих данный процесс медиапользования. Основные методы, используемые в данном исследовании, включают анализ и обобщение актуальных научных исследований по теме, анкетирование. Для анализа эмпирических данных применялся корреляционный анализ Спирмена. Результаты показывают, что регулярное использование ГИИ стало устойчивой академической практикой. Выявлен статистически значимый «парадокс ИИ»: чем чаще студенты обращаются к нейросетям, тем сильнее они опасаются за сохранность собственных критических способностей. Зафиксирована отрицательная корреляция между интенсивностью использования ГИИ и частотой проверки сгенерированной информации на достоверность, что свидетельствует о формировании некритического доверия к контенту. Установлена значимая положительная связь между регулярностью использования нейросетей и этической допустимостью выдачи полностью сгенерированного текста за собственную работу, что интерпретируется авторами как проявление «нормативного дрейфа»: постепенного размывания границ академической честности. В то же время субъективная уверенность студентов в способности отличать ИИ-текст от человеческого статистически не связана с частотой использования ГИИ. В заключении обосновывается необходимость перехода от декларативных кодексов к действенным институциональным политикам, направленным на развитие критической ИИ-грамотности и пересмотр оценочного дизайна, дифференцирующего сценарии когнитивной аугментации и когнитивной разгрузки.

**Ключевые слова: искусственный интеллект, высшее образование, критическое мышление, академическая честность, когнитивные риски, этические установки студентов, нейросети**

***Благодарности:*** *Авторы выражают благодарность Самарскому национальному исследовательскому университету за возможность проведения исследования, Благотворительному фонду Владимира Потанина за поддержку в рамках практической части исследовательской работы (редизайну магистерского курса) – проект «Редизайн магистерского курса “Проектирование и организация психолого-педагогического сопровождения” через интеграцию компетенций работы с генеративным искусственным интеллектом», № ГСГК-105/26 от 06.04.2026).*

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACADEMIC ENVIRONMENT: REGULARITY OF USE, COGNITIVE RISKS AND ETHICAL POINTS

**Ivanushkina N. V. ORCID ID 0000-0002-9332-6477,**
**Mantoulenko V. V. ORCID ID 0000-0003-4333-7159**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev”, Samara, Russian Federation, e-mail: mantoulenko@mail.ru*

The active penetration of artificial intelligence technology into the educational context changes the learning conditions, values and behavioral strategies of all participants in the educational process, creating a contradiction between increasing the efficiency of educational work and the risk of reducing the independence of students’ thinking. The purpose of this article is to analyze the actual practice of using neural networks by students to solve educational problems, including an assessment of the degree of prevalence of the technology in the academic environment, the emerging cognitive effects, the degree of students’ trust in tools based on artificial intelligence, as well as the study of their ethical attitudes that accompany this process of media use. The main methods used in this study include analysis and synthesis of current scientific research on the topic and questionnaires. Spearman correlation analysis was used to analyze the empirical data. The results indicate that regular use of GAI has become a sustainable academic practice. A statistically significant «AI paradox» has been revealed: the more often students turn to neural networks, the more they fear for the safety of their own critical abilities. A negative correlation was recorded between the intensity of GAI use and the frequency of checking the generated

information for accuracy, which indicates the formation of uncritical trust in the content. A significant positive relationship has been established between the regular use of neural networks and the ethical acceptability of presenting a completely generated text as one's own work, which is interpreted by the authors as a manifestation of «normative drift»: the gradual blurring of the boundaries of academic integrity. At the same time, students' subjective confidence in their ability to distinguish AI text from human text is not statistically related to the frequency of using GAI. In conclusion, the need to move from declarative codes to effective institutional policies aimed at developing critical AI literacy and revising assessment design that differentiates scenarios of cognitive augmentation and cognitive offloading is substantiated.

**Keywords: artificial intelligence, higher education, critical thinking, academic integrity, cognitive hazards, student ethical attitudes, neural networks**

***Acknowledgements:*** *The authors express their gratitude to Samara National Research University for the opportunity to conduct the study, the Vladimir Potanin Charitable Foundation for support in the practical part of the research work (redesign of the master's course) – project «Redesign of the master's course «Design and organization of psychological and pedagogical support» through the integration of competencies in working with generative artificial intelligence», No. GSGK-105/26 dated 06.04.2026).*

## Введение

Генеративный искусственный интеллект (ГИИ) стремительно проник в систему высшего образования. Научные исследования и статистические данные оценивают данное проникновение в студенческую среду как практически полное: от 70 до 90 % российских студентов используют технологию в своей повседневной жизни (в том числе для решения академических задач). При этом важно отметить, что всего два года назад оценки были значительно ниже – около 40–50 %[1] [1–3]. Сегодня мы живем в условиях одной из наиболее значимых трансформаций образовательного ландшафта нового тысячелетия. Появление доступных широкой аудитории нейросетей, способных генерировать связанные тексты, решать аналитические задачи, осуществлять математические и статистические расчеты и даже выполнять творческие задания[2], поставило перед академическим сообществом принципиально новые вопросы и задачи. С одной стороны, ИИ-инструменты открывают беспрецедентные возможности для персонализации обучения, индивидуальной поддержки студентов в освоении сложного материала (его адаптации под психологические и когнитивные особенности каждого отдельного обучающегося, получении обратной связи и консультации в любое время суток). С другой стороны, стремительное распространение данных технологий порождает обоснованные опасения в экспертном сообществе относительно снижения самостоятельности мышления, деградации критических способностей и размывания границ академической честности. Безусловно, студенчество быстро отреагировало на новые технологические возможности: ценность комфорта и стремление максимально оптимизировать (упростить) свою работу способствовали быстрому «освоению» технологии, ведь, пожалуй, еще ни одна цифровая технология так не упрощала выполнение учебных задач, как технология генеративного искусственного интеллекта [4]. С первого взгляда, складывается ситуация повышения «эффективности» учебной работы: тот же результат только с наименьшими затратами. Однако ситуация кардинальным образом представляется обратной, если анализируется, что конкретно стоит за «освоением» технологии обучающимися, насколько кажущаяся «эффективность» учебной работы в действительности таковой является и приводит ли она к эффективности обучения в целом.

Особую остроту данной проблеме придает тот факт, что студенческая аудитория демонстрирует значительно более высокую готовность к интеграции ИИ в повседневную учебную практику по сравнению с образовательными учреждениями и педагогами, которые лишь начинают формировать нормативные и методические рамки использования новых цифровых технологий[3]. По данным актуальных исследований, не только около 90 % студентов в мире обращаются к ИИ в рамках выполнения тех или иных академических задач, но и почти 30 % делают это регулярно [3]. Нейросети становятся повседневными помощниками в учебе. Аналогичные тенденции фиксируются в

[1] Более 40 % студентов используют технологии ИИ в учебе // Российский союз ректоров. [Электронный ресурс]. URL: https://rsr-online.ru/news/2024/4/15/bolee-40-studentov-ispolzuyut-tehnologii-ii-v-uchebe (дата обращения: 14.06.2026).

[2] Публика предпочитает стихи, сочиненные ИИ, стихам великих поэтов // Techinsider. [Электронный ресурс]. URL: https://www.techinsider.ru/news/news-1665913-publika-predpochitaet-stihi-sochinennye-ii-stiham-velikih-poetov/ (дата обращения: 14.06.2026).

[3] Каждый шестой преподаватель вузов использует ИИ при подготовке к занятиям // Ведомости. [Электронный ресурс]. URL: https://www.vedomosti.ru/society/articles/2024/10/07/1066835-kazhdii-shestoi-prepodavatel-vuzov-ispolzuet-ii (дата обращения: 14.06.2026).

разных странах[4] [4]. В настоящем исследовании практика обращения студентов к нейросетям рассматривается в контексте медиапользования. Под данным термином мы понимаем интерактивное взаимодействие обучающихся с генеративным искусственным интеллектом как с цифровым медиаресурсом, продуцирующим учебный контент.

Научное осмысление феномена использования ИИ в образовании развивается, по мнению авторов, по нескольким ключевым направлениям. Во-первых, активно изучаются когнитивные последствия взаимодействия обучающихся с большими языковыми моделями. При этом экспериментальные исследования демонстрируют неоднозначные результаты: с одной стороны, использование нейросетей положительно сказывается на академической успеваемости, с другой – снижает когнитивную нагрузку [5–7]. Во-вторых, исследуются этические аспекты использования нейросетей в образовании, достаточно остро стоят проблемы академической честности [8, 9]. В-третьих, разрабатываются инструменты оценки взаимодействия студентов с ИИ, включая шкалы измерения критического мышления в рамках такого взаимодействия [10, 11]. Кроме того, в научном дискурсе активно обсуждаются вопросы высокой степени принятия технологий на базе ИИ среди студентов при одновременном существовании значительного пробела в знаниях об этичности их использования [12]. Так, данные системы «Антиплагиат» свидетельствуют, что каждая седьмая студенческая работа (15,3 %), проверенная в 2025 г., содержит признаки использования ИИ[5]. Проблема этического использования ИИ обостряется еще и тем очевидным фактом, что системы распознавания не всегда идентифицируют следы ИИ, а соответственно, некоторая доля академических работ, созданных с участием нейросетей, остается на так называемом «слепом пятне».

Под когнитивными рисками в настоящем исследовании понимаются потенциальные негативные последствия регулярного использования инструментов генеративного искусственного интеллекта для познавательной сферы обучающихся, включая снижение самостоятельности мышления, ослабление критических способностей, формирование некритического доверия к генерируемому контенту и редукцию когнитивных усилий в процессе решения учебных задач. Изучение степени реального проникновения ИИ в академические работы представляется авторам не только актуальным, но и очень своевременным и важным для понимания направлений разработки этических кодексов и руководств по использованию технологии в образовательных учреждениях.

**Цель исследования** – провести анализ практики использования ГИИ студентами для решения академических задач, включая оценку регулярности данного медиапользования, субъективных когнитивных эффектов, возникающих в данном процессе, уровня доверия к ГИИ-инструментам и этических установок обучающихся в отношении используемых технологий. В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

− оценить распространенность и регулярность использования ГИИ студентами для выполнения учебных задач;

− проанализировать субъективное восприятие студентами влияния ГИИ на их когнитивные навыки (аналитические навыки, критическое мышление) и уровень самостоятельности;

− выявить степень доверия к ГИИ-проверкам студенческих работ и готовность обучающихся к автоматизированной обратной связи;

− определить установки студентов относительно этической допустимости сдачи работ, созданных с помощью ГИИ.

## Материалы и методы исследования

Исследование выполнено с использованием метода опроса. Опрос проводился в виде одномоментного поперечного среза (кросс-секционный опрос). Выбор данного дизайна обусловлен необходимостью получения данных о текущем состоянии практик использования ГИИ в студенческой среде.

Сбор данных проводился на базе Самарского национального исследовательского университета имени академика С. П. Королева. Респонденты приглашались к участию в опросе с помощью ссылки на Яндекс. Формы, которая была размещена в чатах учебных групп и в виде QR-кода во время мероприятий дня науки в университете в феврале 2026 г. Участие в опросе предлагалось всем студентам социально-гуманитарного института независимо от курса, направления подготовки и успеваемости. Критерием включения в выборку являлось наличие статуса обучающегося (бакалавриат/магистратура) и возраст (старше 18 лет). Предварительный скрининг не проводился.

[4] AI Is Routine for College Students, Despite Campus Limits // Gallup. [Электронный ресурс]. URL: https://news.gallup.com/poll/704090/routine-college-students-despite-campus-limits.aspx (дата обращения: 12.06.2026).

[5] Стало известно, как часто студенты применяют ИИ в своих работах // РИА Новости. [Электронный ресурс]. URL: https://ria.ru/20260129/ii-2070893133.html (дата обращения: 12.06.2026).

Участие было добровольным, материальное или иное вознаграждение за прохождение опроса не предусматривалось. Респондентам гарантировалась анонимность и конфиденциальность ответов. Отказ от ответа на отдельные вопросы не влиял на завершение анкетирования. Всего в опросе приняли участие 92 респондента.

Авторами был разработан опросник с использованием шкалы Лайкерта, в рамках которого студентам предлагалось выразить степень согласия с 12 высказываниями. В рамках статьи авторы рассмотрели ответы студентов на 6 высказываний в соответствии с задачами данной работы: 1) «Я регулярно использую нейросети для выполнения учебных заданий»; 2) «Я считаю, что ГИИ помогает мне учиться эффективнее и глубже понимать материал»; 3) «Я опасаюсь, что из-за привычки использовать ГИИ мои навыки анализа и критического мышления могут ухудшиться»; 4) «Я уверен(а), что могу отличить текст, сгенерированный ИИ, от написанного человеком»; 5) «Я всегда проверяю информацию, полученную от нейросети»; 6) «Я считаю этически допустимым сдать работу, полностью созданную ГИИ, как свою собственную».

Для обработки полученных данных использовался корреляционный анализ с вычислением коэффициента корреляции Спирмена. Анализ проводился для следующих пар переменных: регулярность использования ГИИ (утверждение 1) с каждым из последующих (2–6).

## Результаты исследования и их обсуждение

Анализ распределения ответов на первое утверждение показывает, что регулярное использование нейросетей для решения учебных задач стало для большинства опрошенных студентов скорее нормой, чем исключением. Среднее значение по данному пункту составило 3,51 балла при медиане 3,50, что позволяет говорить не о разовых обращениях к технологии, а о ее системной интеграции в повседневную учебную деятельность (таблица). Полученные цифры вполне согласуются с общероссийской и зарубежной статистикой, фиксирующей активное проникновение ИИ-инструментов в образовательную среду.

Описательные статистики и связи регулярности использования ГИИ с оценками студентов

| Показатель | N | Пропуски | Среднее | Медиана (P50) | Стандартное отклонение | Процентили | | Связь с регулярностью использования ГИИ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 25 | 75 | $r_s$ | p |
| Регулярность использования ГИИ | 92 | 0 | 3,5109 | 3,5000 | 0,96641 | 3,0000 | 4,0000 | – | – |
| Восприятие ГИИ как помощника в обучении | 78 | 14 | 3,0256 | 3,0000 | 1,09277 | 2,0000 | 4,0000 | 0,209 | 0,066 |
| Опасение за когнитивную сферу | 92 | 0 | 3,3804 | 4,0000 | 1,33295 | 2,0000 | 5,0000 | 0,254* | 0,015 |
| Уверенность в способности различить текст ГИИ и текст человека | 92 | 0 | 2,9022 | 3,0000 | 0,96145 | 2,0000 | 3,0000 | -0,117 | 0,267 |
| Проверка сгенерированной информации | 77 | 15 | 3,4156 | 3,0000 | 1,13961 | 2,0000 | 4,0000 | -0,236* | 0,039 |
| Допустимость выдать полностью созданную ГИИ работу за свою | 92 | 0 | 2,5435 | 2,0000 | 1,10357 | 2,0000 | 3,0000 | 0,299** | 0,004 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

N – число валидных ответов; для показателей, сопоставляемых с регулярностью использования ГИИ, оно совпадает с числом наблюдений в парном корреляционном анализе. Пропуски – число отсутствующих ответов; $r_s$ – коэффициент корреляции Спирмена с регулярностью использования ГИИ; p – двусторонний уровень значимости; * – корреляция значима на уровне 0,05; ** – на уровне 0,01. Прочерк обозначает корреляцию показателя с самим собой, которая в сводной таблице не приводится. Медиана совпадает с 50-м процентилем (P50).

Далее авторы проверили, связана ли регулярность использования ГИИ с субъективной оценкой его полезности. Для этого использовался корреляционный анализ Спирмена между ответами на первое утверждение и на утверждение 2: «Я считаю, что ГИИ помогает мне учиться эффективнее и глубже понимать материал». Коэффициент корреляции составил 0,209, однако уровень значимости (p = 0,066) не достигает общепринятого порога 0,05. Иными словами, можно констатировать лишь наличие определенной тенденции, но не статистически подтвержденной связи. Возможно, сказывается небольшой объем выборки или влияние каких-то дополнительных факторов, данный вопрос требует отдельного рассмотрения.

Полученная нами тенденция согласуется с данными зарубежных коллег. Так, согласно опросам Института Гэллапа, помощь в освоении сложного учебного материала остается для студентов одной из главных причин обращения к генеративному ИИ, почти 90 % респондентов, регулярно пользующихся нейросетями, указали именно данный мотив как основной. Видимо, здесь срабатывает вполне прагматичная логика: технология позволяет быстрее разобраться в трудных темах и сократить время на поиск информации. Встречаются также данные о том, что нейросети могут быть полезны для организации групповой работы и стимулирования коллективной творческой деятельности, хотя данный аспект, на наш взгляд, пока изучен меньше[6].

Авторы также проверили, связана ли регулярность использования нейросетей с тем, насколько студенты опасаются за сохранность собственных когнитивных способностей. Корреляционный анализ показал, что такая связь действительно присутствует: коэффициент составил 0,254 на уровне значимости p = 0,015 (таблица). Иными словами, чем активнее студент пользуется ГИИ, тем чаще он задумывается о возможных последствиях для своего мышления. Данный результат авторы склонны интерпретировать как свидетельство того, что массовое внедрение нейросетей в учебный процесс сопровождается не только прагматическим принятием технологии, но и вполне отчетливой рефлексией по поводу ее потенциального вреда.

Данный феномен называется «парадоксом ИИ». Термин «парадокс ИИ» обозначает противоречие, при котором обучающиеся, несмотря на осознание негативного влияния нейросетей на их критическое мышление и познавательные способности, продолжают активно и регулярно использовать данные инструменты для выполнения учебных задач, демонстрируя когнитивный диссонанс между оценкой рисков и реальным поведением.

В аналогичном исследовании 2026 г., проведенном на выборке студентов педагогических направлений подготовки (N = 70) [13], 38 % респондентов отметили, что ощущают у себя ухудшение когнитивных навыков при регулярном использовании ИИ-инструментов, 75 % опрошенных согласились с тем, что подсказки ИИ лишают их необходимости извлекать знание из собственной долговременной памяти, что ведет к ослаблению не только данного психического познавательного процесса, но и снижает критическое мышление. Экспериментальное исследование, проведенное в рамках STEM-курса [10], также подтверждает данные опасения: экспериментальная группа, использовавшая нейросеть, показала более высокие результаты выполнения заданий по сравнению с контрольной группой (в аспектах успеваемости, осведомленности о возможностях ГИИ), но при этом более низкие значения при диагностике уровня критического мышления. На основе данной экспериментальной работы ученые сделали вывод о том, что чрезмерная зависимость от технологии и неправильное использование нейросетей могут препятствовать достижению запланированных учебных результатов.

Анализ связи между утверждениями 1 («Я регулярно использую нейросети для выполнения учебных заданий») и 4 («Я уверен(а), что могу отличить текст, сгенерированный ИИ, от написанного человеком») не выявил статистически значимой взаимосвязи (коэффициент корреляции Спирмена составил r = -0,117, p = 0,267). Иными словами, регулярность использования нейросетей в учебной практике не связана с уровнем субъективной уверенности студентов в их способности идентифицировать ИИ-генерированный контент (таблица). При этом среднее значение ответов на утверждение 4 составило 2,90 (при медиане 3,00), что отражает скорее умеренную, чем высокую степень самооценки компетентности респондентов в различении текстов.

Полученный результат вступает в определенное противоречие с распространенным мнением о том, что опыт взаимодействия с технологией автоматически формирует определенного рода метакогнитивные компетенции, связанные в том числе с умением распознавать машинный текст и текст,

[6] AI Is Routine for College Students, Despite Campus Limits // Gallup. [Электронный ресурс]. URL: https://news.gallup.com/poll/704090/routine-college-students-despite-campus-limits.aspx (дата обращения: 12.06.2026).

созданный человеком. Отсутствие значимой корреляции может указывать на то, что регулярное использование нейросетей не сопровождается рефлексивным осмыслением их «почерка» и не ведет к выработке устойчивого навыка распознавания ИИ-контента. Данное предположение находит поддержку в работах зарубежных ученых. В ряде исследований показано, что способность отличать машинный текст от человеческого у большинства людей, включая преподавателей и даже экспертов в соответствующих областях, оказывается довольно низкой. При этом в ряде случаев фиксируется довольно показательный разрыв: субъективная уверенность в собственной способности распознать ИИ-текст часто не имеет ничего общего с реальной точностью идентификации. Получается, что мы скорее переоцениваем свои навыки в этой области, чем действительно владеем ими [14–16].

Ситуация осложняется еще и тем, что привычные системы обнаружения заимствований, как справедливо отмечается сегодня многими экспертами, в большинстве случаев оказываются бессильны перед текстами, сгенерированными нейросетями. Они просто не рассчитаны на такой тип контента и фиксируют совсем другие признаки. В итоге преподаватель может видеть явные стилистические или композиционные «маркеры» искусственного происхождения текста, а программа продолжает показывать высокий процент оригинальности. Это создает дополнительную зону неопределенности и не добавляет прозрачности процессу оценивания. Объясняется данный факт стохастической природой генеративных моделей: каждый новый запрос продуцирует уникальный ответ, что предотвращает текстуальное сходство даже между работами, созданными с использованием одного и того же инструмента [14]. В результате преподаватели вынуждены адаптировать свои подходы к проверке и оцениванию в ответ на трансформацию академического ландшафта, нередко оказываясь в парадоксальной ситуации: стилистические, орфографические и композиционные признаки искусственной «сгенерированности» текста (в том числе аномально высокая оригинальность на уровне 95 % и выше при реферировании научного текста) очевидны для экспертного взгляда, однако программные средства идентификации не фиксируют ИИ-следы. Следствием этого становится ужесточение оценочных критериев, рост академических споров между студентами и преподавателями и, как итог, снижение доверия как к студенческим работам, так и к научным текстам в целом.

Анализ связи между утверждениями 1 и 5 (регулярностью использования ГИИ и частотой проверки сгенерированной информации студентами) выявил статистически значимую отрицательную взаимосвязь (таблица). Установлено, что чем чаще студенты обращаются к ГИИ при выполнении академических задач, тем реже они проверяют сгенерированную информацию на достоверность (отрицательная корреляционная связь на уровне значимости $p = 0{,}039$ ($p < 0{,}05$)). Регулярное использование ГИИ для решения учебных задач, таким образом, сопровождается формированием доверия к генерируемому контенту, что создает риск принятия неверных, устаревших или сфабрикованных данных за достоверные сведения. Учитывая известную склонность генеративных моделей к продуцированию фактически недостоверной информации (так называемые «галлюцинации»), данная тенденция представляет собой одну из наиболее значимых угроз качеству учебной работы.

В работе зарубежных исследователей отмечается, что отдельные студенты предпринимают попытки выработки индивидуальных стратегий работы с информацией в условиях неопределенности, в частности обращаясь к преподавателям за валидацией и критической оценкой результатов, полученных с помощью ГИИ [15]. Вместе с тем ученые подчеркивают, что обучающиеся сталкиваются с серьезными проблемами, обусловленными низкой надежностью ИИ-генерируемого контента: нейросети способны продуцировать внешне правдоподобные, но полностью фиктивные источники и цитаты, что существенно затрудняет верификацию информации и требует от студентов дополнительных компетенций в области критического анализа, работы с данными. Показательно, что, несмотря на осознание необходимости проверки сгенерированной информации, далеко не все обучающиеся последовательно реализуют такую проверку. Актуальные научные исследования свидетельствуют о том, что и преподаватели, и сами студенты выражают озабоченность своей чрезмерной зависимостью от ГИИ. Отмечается, что интерактивная природа взаимодействия обучающихся с ГИИ-инструментами негативно влияет на способность молодых людей самостоятельно идентифицировать пробелы в своем обучении [11].

Анализ связи между утверждениями 1 и 6 (регулярностью использования ГИИ и отношением студентов к допустимости выдать работу, сгенерированную ГИИ за свою) выявил двустороннюю положительную корреляцию на уровне значимости

p = 0,004 (p < 0,01). Это означает: чем регулярнее студенты используют ГИИ для выполнения учебных заданий, тем более этически допустимым они считают выдать работу, полностью созданную нейросетью, за свою собственную (таблица). Статистически значимая положительная связь между интенсивностью использования нейросетей и либерализацией моральных суждений свидетельствует о процессе этической адаптации: студенты, регулярно использующие нейросети, более склонны к пересмотру традиционных представлений об академической честности в сторону легитимизации полной передачи авторства искусственному интеллекту. Данный результат указывает на формирование феномена «нормативного дрейфа»: чем глубже ГИИ интегрируется в учебную практику студента, тем более размытыми становятся этические границы использования технологии, в частности границы академической честности. Под «нормативным дрейфом» в данной работе понимается процесс постепенной трансформации этических представлений студентов об академической честности под влиянием регулярного использования ГИИ, выражающийся в легитимизации практик, которые традиционно рассматривались как недопустимые (в частности, выдача сгенерированного нейросетью текста за собственный интеллектуальный продукт), и сопровождающийся размыванием границ между допустимым и недопустимым использованием технологии.

По мнению авторов, это требует срочного институционального вмешательства: разработки четких политик, разграничивающих допустимое использование ГИИ (как ассистента) и недопустимое (полная подмена авторства). Чрезвычайно важной представляется разработка конкретных, измеримых, согласованных (прежде всего, с целевыми показателями образовательных учреждений, а также ключевыми участниками образовательного процесса) критериев оценки авторского вклада обучающихся в академические работы, при этом важным требованием является гибкость данных критериев, отражающаяся в возможности своевременно адаптировать их под меняющиеся возможности самих нейросетей.

## Выводы

Полученные в ходе исследования данные позволяют сформулировать несколько ключевых выводов относительно места и роли ГИИ в современной академической среде.

Во-первых, регулярное использование ГИИ стало неотъемлемой частью учебной работы студентов. Данная тенденция носит универсальный характер, что подтверждается как российскими, так и зарубежными исследованиями.

Во-вторых, в сознании студентов сосуществуют две противоположные оценки влияния ГИИ на учебный процесс. С одной стороны, нейросети воспринимаются как эффективный инструмент (помощник), способствующий более глубокому пониманию материала. При этом корреляционный анализ выявил лишь тенденцию к положительной связи между регулярностью использования ГИИ и восприятием его как средства, повышающего эффективность обучения, что требует проверки на большей выборке. В то же время студенты демонстрируют осознание рисков для развития критического мышления и познавательной сферы в целом. Данный диссонанс, получивший в литературе обозначение «парадокс ИИ», представляет собой значимую психолого-педагогическую проблему.

В-третьих, анализ связи между регулярностью использования ГИИ и субъективной уверенностью студентов в способности различать сгенерированный ИИ и человеческий текст не выявил статистически значимой взаимосвязи, что позволяет предположить отсутствие рефлексивного осмысления опыта взаимодействия с нейросетями применительно к распознаванию их стилистических особенностей. Данный результат согласуется с зарубежными исследованиями, фиксирующими разрыв между субъективной уверенностью и реальной способностью идентифицировать ИИ-тексты даже у преподавателей и профильных экспертов.

Кроме того, корреляционный анализ связи между регулярностью использования ГИИ и отношением студентов к проверке сгенерированной информации выявил статистически значимую отрицательную взаимосвязь: чем чаще студенты обращаются к нейросетям, тем реже они верифицируют получаемый контент. Данный факт указывает на необходимость формирования у обучающихся компетенций критической оценки генерируемого нейросетью материала. Также выявлена статистически значимая положительная корреляция между регулярностью использования ГИИ и этической допустимостью выдачи полностью сгенерированной нейросетью работы за свою собственную. Полученный результат свидетельствует о процессе «нормативного дрейфа»: по мере интеграции ГИИ в учебную практику происходит либерализация моральных суждений в отношении академической честности, что требует особого внимания со стороны образовательных учреждений при разработке этических политик.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения границ когнитивной оффлайн-нагрузки обучающихся применительно к образовательному контексту. Исследования показывают, что использование ИИ для снятия когнитивной нагрузки (так называемых «рутинных» операций или для объяснения сложных тем, вопросов) может, вопреки ожиданиям, препятствовать самому процессу обучения, поскольку именно преодоление когнитивных затруднений является сущностным элементом развития мышления. В рамках настоящего исследования авторами предлагается различать два модуса использования ГИИ в образовании. Когнитивная разгрузка предполагает делегирование нейросети мыслительных операций, что приводит к замене интеллектуальных усилий обучающегося алгоритмической обработкой и, как следствие, к редукции собственной когнитивной активности. В отличие от этого, когнитивная аугментация представляет собой такое использование ГИИ-инструментов, при котором технология усиливает, но не подменяет мыслительную деятельность студента, способствуя более глубокой проработке материала без снятия когнитивной нагрузки.

На основе полученных эмпирических данных сформулированы следующие практические рекомендации:

− формирование четких институциональных политик (образовательным учреждениям рекомендуется разрабатывать не декларативные политики и кодексы, часто звучащие как лозунги, а четкие, прозрачные и последовательные руководства по использованию ГИИ в учебном процессе, в основе которых лежит глубокое понимание логики работы нейросетей и логики их развития, психолого-педагогических особенностей современных поколений обучающихся, а также реальной практики применения студентами данных технологий для решения учебных задач);

− развитие критической ИИ-грамотности (образовательные программы сегодня необходимо перестраивать, включая компоненты, направленные на формирование у студентов компетенций критической оценки генерируемого контента); под критической ИИ-грамотностью авторы понимают интегративную компетенцию, включающую понимание принципов работы генеративных моделей и их ограничений, способность критически оценивать достоверность и полноту генерируемого контента, умение выявлять фактологические неточности в ИИ-ответах, а также навык рефлексивного анализа собственных стратегий взаимодействия с различными ИИ-инструментами;

− пересмотр дизайна оценивания (учитывая широкое распространение ГИИ, необходимо пересмотреть традиционные форматы оценивания, которые могут быть легко автоматизированы);

− необходим дифференцированный подход к использованию ИИ в образовании (менеджеры в сфере образования и педагоги должны различать контексты, в которых ГИИ выступает инструментом когнитивной аугментации, и те, где он становится инструментом когнитивной разгрузки; студенты, уже обладающие прочными фундаментальными знаниями и отличающиеся высокой учебной мотивацией, могут использовать ИИ для ускорения рутинной работы, в то время как для студентов, находящихся на стадии формирования этих основ, и низко мотивированных обучающихся ИИ создает риск пропуска критически важных этапов обучения).

## Заключение

Проведенное исследование позволяет заключить, что использование генеративного искусственного интеллекта в академической среде представляет собой сложный, многомерный и внутренне противоречивый феномен. С одной стороны, ГИИ-инструменты обладают значительным дидактическим потенциалом и могут рассматриваться как перспективное средство оптимизации образовательного процесса. С другой стороны, эмпирические данные свидетельствуют о наличии рисков, сопряженных с регулярным применением нейросетей. Выявленные в работе противоречия требуют системного осмысления и выработки со стороны системы образования не реактивных, а проактивных мер, направленных на формирование институциональных рамок ответственного использования ИИ-технологий.

При интерпретации полученных результатов необходимо учитывать ряд методологических ограничений:

1) исследование выполнено на небольшой выборке (N = 92), сформированной на базе одного университета методом добровольного самоотбора, это ограничивает возможность экстраполяции выводов на всю генеральную совокупность, особенно на студентов других регионов, типов вузов и направлений подготовки;

2) все данные получены с помощью самоотчетных методик: ответы респондентов отражают их субъективное восприятие и установки, а не объективные показатели реального поведения или когнитивных способностей, в частности оценка студентами собственной регулярности использования ГИИ и критичности к сгенерированному

контенту могла быть подвержена эффектам социальной желательности или неверной самооценки;

3) авторы не проводили объективной диагностики уровня критического мышления, аналитических навыков или академической успеваемости до и после внедрения ГИИ в учебную практику, соответственно, сделанные выводы о когнитивных рисках базируются на субъективных опасениях студентов, а не на измеренных изменениях в их познавательной сфере;

4) дизайн исследования не позволяет установить причинно-следственные связи между регулярностью использования ГИИ и выявленными установками или субъективными эффектами, авторы фиксируют корреляции, но направление влияния (использование ИИ → изменение установок или, наоборот, исходные установки → активное использование ИИ) требует уточнения в лонгитюдных исследованиях.

Наконец, в настоящем исследовании не контролировались потенциальные смешивающие переменные, среди которых исходный уровень академической мотивации, цифровая грамотность, доступность технологической инфраструктуры, опыт взаимодействия с ГИИ до поступления в вуз, а также специальность и курс обучения. Учет данных факторов мог бы внести дополнительные нюансы в интерпретацию выявленных корреляционных связей.

Несмотря на обозначенные ограничения, полученные результаты обладают теоретической и практической значимостью. Они согласуются с данными российских и зарубежных исследований и акцентируют ключевые противоречия, требующие дальнейшего осмысления. В качестве перспективных направлений работы можно выделить проведение лонгитюдных исследований с применением объективных методов диагностики когнитивных изменений, репликацию исследования на более крупных и разнородных выборках для проверки выявленных тенденций, а также разработку дифференцированных инструментов оценки влияния ГИИ на обучающихся с различным уровнем подготовки и учебной мотивации.

### Список литературы

1. Liang H., Mao X. Students' attitudes toward generative artificial intelligence in academic contexts: A multi-factor analysis // International Journal of Educational Development. 2025. Vol. 119. Art. 103434. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2025.103434.

2. Мантуленко В. В. Влияние искусственного интеллекта на успеваемость, познавательную активность и качество обучения студентов // Концепт. 2025. № 6. С. 251–272. DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11117.

3. Кырма В. В., Орлова Е. О., Розмаинский И. В. Эмпирический анализ читинга среди студентов разных университетов // Journal of Institutional Studies. 2025. Т. 17. № 3. С. 136–156. DOI: 10.17835/2076-6297.2025.17.3.136-156.

4. Китайский ИИ. Обзор применения технологий искусственного интеллекта в КНР: аналитический доклад / А. Н. Сбоев, Д. А. Сбоева, А. А. Сандомиров, А. Л. Лукин (рук. авт. кол.); введение А. Л. Лукина. Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2025. 57 с. DOI: 10.24866/7444-6003-7. ISBN 978-5-7444-6003-7.

5. Johnston H., Wells R. F., Shanks E. M., Boey T., Parsons B. N. Student perspectives on the use of generative artificial intelligence technologies in higher education // International Journal for Educational Integrity. 2024. Vol. 20. Is. 1. Art. 2. DOI: 10.1007/s40979-024-00149-4.

6. Тункевичус О. А. Готовность высшего образования к внедрению искусственного интеллекта: библиометрический анализ // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2025. Т. 60. № 3. С. 319–347. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-60-3-14.

7. Емельяненко В. Д. Влияние искусственного интеллекта на когнитивную сферу человека в контексте ценностно-мировоззренческого анализа // Манускрипт. 2025. Т. 18. № 2. С. 519–527. DOI: 10.30853/mns20250074.

8. Чопик О. А. Искусственный интеллект как фактор трансформации субъектной позиции студентов в высшем образовании // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. № 8–9. С. 54–73. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-8-9-54-73.

9. Hadinejad N., Sperling K., McGrath C. Generative AI chatbots in higher education: Student experiences and perceived ethical challenges // Computers and Education Open. 2025. Vol. 9. Art. 100311. DOI: 10.1016/j.caeo.2025.100311.

10. Ji Y., Zhan Z., Li T., Zou X., Lyu S. Human–Machine Cocreation: The Effects of ChatGPT on Students' Learning Performance, AI Awareness, Critical Thinking, and Cognitive Load in a STEM Course Toward Entrepreneurship // IEEE Transactions on Learning Technologies. 2025. Vol. 18. P. 402–415. DOI: 10.1109/TLT.2025.3554584.

11. Oliveira L., Tavares C., Strzelecki A., Silva M. Prompting Minds: Evaluating how Students Perceive Generative AI's Critical Thinking Dispositions // Electronic Journal of e-Learning. 2025. Vol. 23. Is. 2. P. 1–18. DOI: 10.34190/ejel.23.2.3986.

12. Якутина М. В. Искусственный интеллект в обучении студентов: преимущества, вызовы и этические аспекты // Гуманитарий Юга России. 2025. Т. 14. № 5 (75). С. 115–126. DOI: 10.18522/2227-8656.2025.5.8.

13. Fiedler A., Döpke J. Do humans identify AI-generated text better than machines? Evidence based on excerpts from German theses // International Review of Economics Education. 2025. Vol. 49. Art. 100321. DOI: 10.1016/j.iree.2025.100321.

14. Siah C.-J. R., Lim J. V., Lyu M. M., Levett-Jones T., Mattar I. Authenticity and academic integrity in Generative Artificial Intelligence (GenAI) use among undergraduate nursing students // Journal of Professional Nursing. 2026. Vol. 62. P. 45–51. DOI: 10.1016/j.profnurs.2025.10.007.

15. Muñoz-Ortiz A., Gómez-Rodríguez C., Vilares D. Contrasting Linguistic Patterns in Human and LLM-Generated News Text // Artificial Intelligence Review. 2024. Vol. 57. Is. 10. Art. 265. DOI: 10.1007/s10462-024-10903-2.

**Конфликт интересов**: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**: The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование**: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing**: The research was performed without external funding.

УДК 37.01:37.04
DOI

CC BY 4.0

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КАРТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

**Козлов С. В. ORCID ID 0000-0001-9945-2098, Бабарико Р. М.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет», Смоленск, Российская Федерация, e-mail: svkozlov1981@yandex.ru*

Цель исследования – изучить потенциал и особенности применения метода картирования в образовательном процессе. Одним из классических вопросов дидактики является вопрос «Как учить?». Картирование как педагогический инструмент стало активно внедряться в процесс обучения в последние 20 лет, а предшественники этого инструмента, когнитивные карты и карты знаний, активно разрабатывались еще в прошлом веке. Следует изучить различные подходы педагогов к методам картирования в образовании, а также выделить их основные особенности. Картирование и его «предок» дают одну из множества вариаций ответов на вопрос, упомянутый выше, – «с использованием визуализации изучаемого материала». Учитывая склонности определенного количества обучающихся к развитию у них клипового мышления, использование приема визуализации учебного материала разного уровня сложности путем заключения его в рамки структурированных схем выглядит все перспективнее. Педагоги нашли и продолжают находить различные пути применения особенностей при работе с объектами картирования, их подходы к этому процессу раскрывают новые преимущества визуализации сложных данных. Картирование может рассматриваться в процессе обучения как в качестве готового представления схематически оформленной информации, так и в качестве самого процесса оформления информации в качестве схем.

**Ключевые слова: картирование, интеллект-карты, ментальные карты, педагогические условия, методы обучения, визуализация информации, процесс обучения**

# FEATURES OF APPLICATION OF MAPPING METHODS IN EDUCATION

**Kozlov S. V. ORCID ID 0000-0001-9945-2098, Babariko R. M.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “ Smolensk State University”, Smolensk, Russian Federation, e-mail: svkozlov1981@yandex.ru*

The purpose of the study is to study the potential and features of the application of the mapping method in the educational process. One of the classic questions of didactics is the question “how to teach?”. Mapping as a pedagogical tool has been actively introduced into the learning process in the last 20 years, and the predecessors of this tool, cognitive maps and knowledge maps, were actively developed in the last century. It is necessary to examine various pedagogical approaches to mapping methods in education and to highlight their key features. Mapping and its “ancestor” provide one of the many variations of the answers to the question mentioned above – “using visualization of the studied material.” Given the propensities of a certain number of students to develop clip-based thinking, the use of visualization techniques for educational material of various levels of complexity by enclosing it in structured schemes looks more promising. Educators have found and continue to find various ways to apply features when working with mapping objects, and their approaches to this process reveal new advantages of visualizing complex data. Mapping can be considered in the learning process both as a ready-made representation of schematically designed information, and as the very process of designing information as diagrams.

**Keywords: mapping, mind maps, mental maps, pedagogical conditions, teaching methods, information visualization, learning process**

## Введение

Использование интеллект-карт, ментальных карт, концепт-карт и прочих видов визуализации информации позволяет обнаружить новые решения некоторых педагогических проблем, возникающих в процессе обучения, усвоения материала учащимися. Разные педагоги выделяют самые разнообразные преимущества и возможности применения продуктов картирования.

По мнению ряда ученых, человек воспринимает информацию качественнее, если она подается одновременно по двум каналам: слуховому и зрительному [1, 2]. Сам термин «визуализация» (от лат. *visualis* – «зрительный») буквально обозначает зрительное восприятие. При совершенствовании рассматриваемого множества подходов к применению визуализации создается возможность повысить качество восприятия материала обучающимися. Как минимум польза картирования заключается в том, что представление трудной для восприятия информации в виде компактных схем способствует скорости восприятия учебного материала. В то же время необходимо об-

ратить внимание на условия, в которых эти методы могут применяться, и на то, какие особенности они в себе сохраняют.

Сегодняшняя образовательная практика направлена не только на передачу знаний, но и на развитие у обучающихся таких важных навыков, как критическое мышление, способность анализировать и синтезировать информацию, самостоятельно строить логические связи. Визуализация информации с помощью интеллект-карт и других видов картирования становится гибким инструментом для достижения этих целей. При работе с такими инструментами учащиеся осваивают навыки структурирования материала, что помогает не только лучше понять отдельные темы, но и увидеть межпредметные связи, сформировать целостное представление по изучаемому вопросу.

Особое значение методы визуализации приобретают в условиях работы с большим объемом новой или сложной информации. В таких ситуациях традиционные текстовые или вербальные методы объяснения могут быть недостаточно эффективными. Интеллект-карты, ментальные карты и концепт-карты преподносят учебный материал доступнее для восприятия разных категорий обучающихся, учитывая темп освоения, индивидуальные особенности памяти и мышления.

Однако успешное внедрение картирования в учебный процесс требует от педагога продуманного подхода: важно учитывать специфику предмета, возрастные особенности учащихся, наличие необходимых технических средств, а также степень подготовленности самих педагогов к использованию новых технологий. Только оптимальное сочетание визуальных методов с традиционными формами обучения даст лучший результат и позволит усилить мотивацию, вовлеченность и самостоятельность учащихся в процессе обучения.

**Цель исследования** – изучение потенциала и особенностей применения метода картирования в образовательном процессе.

## Материалы и методы исследования

Применение картирования в образовательном процессе является относительно свежим подходом и требует особого внимания для наиболее полного осмысления. Данный метод представления учебного материала обладает гибкостью и множеством путей использования в силу того, что областью применения картирования может стать практически любая учебная дисциплина. Следует изучить размышления педагогов о картировании и выделить ряд основных деталей, на которые стоит обратить внимание при дальнейшем исследовании этого раздела.

Прежде всего, стоит обозначить главное понятие в исследуемой теме. Понятие «Картирование» встречается в медицине и биологии, географии, педагогике. В каждой из этих сфер науки картирование сводится к одному и тому же, по сути, процессу – к графическому отображению какой-либо информации для упрощения и структурирования имеющихся данных и взаимосвязи между ними. В процессе составления графического «скелета» рассматриваемой темы применяется схематизация. Иными словами, картирование – это создание схем. Схемой является описание, изложение чего-либо в общих чертах [3].

Термин «схематизация» относится к психологии и представляет собой мыслительный процесс, обеспечивающий фокусировку на главном, без внимания к несущественным деталям. Этот термин также является одним из механизмов воображения наряду с агглютинацией, акцентированием, гиперболизацией [4]. Таким образом, схематизация прибегает к воображению, а воображение имеет тесную связь с творчеством, поскольку именно воображение играет важную роль в воссоздании образов, в создании объектов искусства – творчество воплощает воображаемые образы в реальность.

Наконец, возвращаясь к теме исследования, обозначим понятие картирования в области педагогики и образования – в области, которая и будет преимущественно рассматриваться. Картирование – это процесс установления связей между различными объектами для дальнейшего их подробного рассмотрения. Картирование знаний – это процесс визуального структурирования информации с помощью схем (иными словами, схематизация данных). В контексте обучения это понятие может включать использование графического материала, способного упростить для учащихся усвоение получаемых знаний, например ментальных карт, концепт-карт (графическая сеть, которая показывает связь между разными понятиями и идеями, состоит из блоков с текстом и линий со словами, которые объясняют эти понятия и идеи), блок-схем (графически оформленный алгоритм – последовательность логических или операционных шагов, соединенных стрелками перехода, где каждый тип действия (начало/конец, условие, операция, ввод/вывод данных) обозначается стандартизированной геометрической фигурой (ромб, прямоугольник, овал, параллелограмм)), диаграммы Исикавы и пр. Интеллект-карты являются оптимальным инструментом для структурирования и обработки информации [5, 6]. Интеллект-карта – это лучевая древовидная семантическая

сеть, представляющая собой диаграмму связей, в которой центральная идея является ядром, от которого отходят ассоциативные ветви, представляющие собой ключевые понятия, от ветвей отходят подветви (конкретные факты или признаки). В дальнейшем под картированием будем рассматривать только картирование в контексте обучения.

Ряд ученых считает, что человек запоминает больше визуального материала, чем устного. Этот факт уже говорит о целесообразности использования картирования при обучении. На текущем этапе стоит осознать ряд тонкостей, которые нужно учитывать, применяя метод картирования. Например, обучающиеся при работе над картой задействуют свои творческие способности, ведь они работают с фигурами и цветами [7].

Для знакомства с существующими методами картирования в образовании отбирались научные статьи педагогов, касающиеся картирования в образовании. Поиск статей осуществлялся через интернет-сервисы (Elibrary, Академия Google и пр.) по ключевым словам: картирование, картирование в образовании, интеллект-карты. Поиск литературы осуществлялся в период с января по май 2026 г. и отбирался по нескольким критериям: картирование касается обучения, источник за авторством педагога или психолога. Таким образом было найдено более 30 источников, отобрано менее 20. Отобранные публикации анализировались на основе наличия в них конкретных примеров возможного применения продуктов картирования или самого процесса картирования, либо на наличие идей и сведений, которые могут быть использованы для реализации идей.

## Результаты исследования и их обсуждение

Говоря о литературе, касающейся методов картирования, нужно обратить внимание на существующие недостатки этих методов, рассмотреть возможные классификации карт, функции, перспективы и затронуть инструментарий, использующийся сегодня для создания карт.

При рассмотрении возможной классификации карт можно изучить статью О. В. Назаровой, А. Г. Перова и С. П. Шмалько «Технология картирования знаний как фактор повышения качества обучения» [8]. В этой статье авторы разделяют схемы на схемы-опоры, граф-схемы, схемы распознавания, блок-схемы, являющиеся средством моделирования и анализа деятельности. Граф-схемы в статье приводятся как качественно новый по тем временам вариант конвертации словесного текста, при работе с которым необходимо погружаться в обобщающую данный текст схему для восприятия. По сути своей граф-схемы представляют собой различные связи терминов и особенностей в контексте науки, которой они касаются – свойств, характеристик и пр. Кроме того, они, кандидаты наук, говорят о работах В. Ф. Шаталова («Опорные конспекты по кинематике и динамике», В. Ф. Шаталов).

При составлении опорных схем и опорных конспектов, по мнению В. Ф. Шаталова, необходимо учитывать следующие основные требования к изображаемой информации: лаконичность (краткость и четкость изложения); емкость (краткость и содержательность изложения); ассоциативность (установление сходства и различия между представлениями), структурность (стройность, связность крупных блоков); смысловой акцент (оригинальное расположение символов; отделение одного блока от другого при помощи специальных фигур, обводок и т. д.; цветовое решение); понятность, доступность воспроизведения [8].

Данная статья интересна как функция разнообразия объектов картирования граф-схемами. Таким образом, граф-схема – это графическая схема, лишенная наименее несущественной информации, но затрагивающая самые главные данные. Учащимся стоит преподносить материал в различных вариантах для развития гибкости мышления и обучения работы с отличающимися друг от друга структурами информации. Основным недостатком предложенных авторами граф-схем является необходимость в обобщении, уплотнении информации, что может быть не всегда удобно при рассмотрении того или иного материала для раскрытия его в полной мере.

Продолжая исследование рассматриваемой темы, переходя к функциям, которые следует выделить при работе с картированием, можно затронуть следующие статьи.

О. Г. Назарова, А. Г. Перов и С. П. Шмалько все в той же работе выделяют функции различных схем: обучающую, контролирующую, диагностическую, корригирующую, гностическую.

Другие две функции выделяются М. П. Кривунь в работе «Картирование как средство проектирования индивидуальной образовательной деятельности студентов» [9]. Аргументированно освещены все достоинства данного подхода в рассматриваемом автором контексте. Подчеркивается, что включение студента в процесс проектирования индивидуальной образовательной деятельности делает его субъектным.

Говоря же о картировании, ссылаясь на работу Т. М. Ковалевой («Проектирование индивидуальной образовательной дея-

тельности студента»), уделяется внимание тому, что можно выделить в картах две функции: знаковую и орудийную. Кроме того, образовательная карта выступает как оптимальное средство совместной деятельности педагога и обучающегося. Также выделены основополагающие характеристики карты: топик, направленность и масштаб. Что немаловажно, здесь речь заходит и об ограничениях картирования или о трудностях, которые может сулить данный вариант индивидуальной работы – учитывая привычку студентов действовать по заданному образцу, процесс образовательного картирования требует, выхода из привычной зоны определенности. Соответственно, то, как студент встретит такой вызов, зависит от его личностных качеств и мышления. В статье описаны методы оценки результатов картирования и имеются примеры рефлексии студентов после проделанной работы. Вывод говорит о скорее положительном опыте использования картирования для определения студентами своих интересов и устремлений. Отдельно сказано, что образовательное картирование помогло студентам ответить на вопросы «Почему мне интересно то, чем я занимаюсь?», «Как этот интерес поможет мне в жизни, работе?» и ряд других [9].

Эта статья позволяет убедиться в вариативности использования картирования в образовании, а это, опять же, вносит вклад в разнообразие преподавания с использованием интеллект-карт. Продолжая затронутый Кривунь аспект ограничений использования картирования, можно полноценно коснуться преимуществ и недостатков применения картирования в обучении как таковых. Удобным материалом становится работа Л. В. Шелеховой и Ф. С. Брантовой «Картирование как средство развития познавательной компетентности обучающихся вуза» [10]. В материале в большей мере освещены преимущества использования картирования.

Авторами было проведено исследование: студенты должны были отыскать решение поставленной нестандартной задачи самостоятельно, используя цифровые технологии. В результате было обнаружено, что только 20 % студентов продемонстрировали способность поиска нужной информации, а также ее проверки. Анализируя работы, в которых были допущены ошибки, исследователи заметили малоэффективные методы аннотирования и конспектирования, что говорит о недостаточном осознании материала. Что интереснее – тот же анализ позволил сделать выводы о недостаточно развитых у студентов навыках самостоятельного анализа, классификации и структурирования информации.

Учитывается то, что одной из задач преподавателя является развитие у обучающегося «познавательных стратегий, необходимых для поиска, получения и фиксирования, осмысления и понимания, запоминания и хранения, трансформации и применения, создания и распространения знаний» (Р. П. Мильруд). По словам Л. В. Шелеховой и Ф. С. Брантовой, в университетах чаще встречается малоэффективное с точки зрения развития когнитивных способностей механическое заучивание учебного материала. Тогда происходит потеря интереса к познавательной деятельности и быстрая утомляемость, поскольку студенты, обладающие клиповым мышлением, сталкиваются с «размеренным ритмом образовательных устоев». Под клиповым мышлением будем понимать восприятие мира через короткие яркие образы. Авторы статьи подчеркивают разницу между поколениями – студентов («z-поколение») и преподавателей (представителей традиционного репродуктивно-поискового стиля предъявления информации), соответственно, следует пересмотреть какие-то позиции понятий «наглядность» и «визуализация».

Через продолжительные рассуждения о понятиях «наглядность» и «визуализация», а также об их взаимосвязи авторы несколько расширяют определения указанных терминов и приходят к выводу, что для активации деятельности, касающейся воплощения информации в нечто визуально содержательное в плане информативности, необходимо использование инструментария, а таким инструментарием может послужить картирование (mind mapping, concept mapping, cognitive mapping (когнитивные карты – графические схемы, соединяющие понятия и факты для лучшего раскрытия изучаемой темы)). Данный метод является наиболее подходящим, поскольку оптимизирует взаимодействие визуального и внемодального каналов восприятия информации. Ссылаясь на научно-методическую литературу и собственный опыт, авторы констатируют взаимосвязь целеполагания и образовательных результатов использования картирования. Был проведен эксперимент: выделены две группы студентов, изучающие несколько общих дисциплин, связанных с математикой. Одна группа – контрольная, при работе с которой картирование не применялось. Вторая группа – экспериментальная, при работе с которой активно использовалось картирование.

Результаты эксперимента говорят о действенности картирования для улучшения восприятия информации; оптимизации времени, затраченного на изучение матери-

ала; повышения вовлеченности студентов в учебный процесс. Таким образом, картирование позволяет добиваться разного результата на разных этапах построения образовательного процесса. Преподаватель может заинтересовать, привлечь внимание студента к изучаемому объекту, стимулировать мыслительные операции и способствовать развитию интеллектуального потенциала обучающегося. Обучающийся же может сформировать целостное восприятие учебной информации, установить причинно-следственные связи, отделить существенное от несущественного, научиться применять имеющиеся знания для прогнозирования новых знаний и т. д. [10].

Подчеркивается высокий потенциал применения картирования для достижения ряда образовательных целей. В первую очередь эта статья заслуживает внимания по причине наличия традиционного эксперимента с конкретными выводами. При проведении схожего эксперимента логично ожидать таких же результатов и ориентироваться на них.

Иностранные авторы проводили схожие эксперименты и приходили к выводу, что использование интеллект-карт способствует улучшению качества знаний и наиболее простому запоминанию учебного материала, развитию логического мышления, повышению академической успеваемости [11, 12]. Некоторые исследователи отмечают преимущества использования интеллект-карт в работе с детьми дошкольного возраста.

Наиболее основательно к теме картирования подходят К. А. Молчанов и А. С. Молчанов. В своей статье «История возникновения, текущее состояние и перспективы развития картирования и визуализации знаний» [13] они рассматривают, как видно из названия, исторический аспект темы, однако затрагивают преимущества и недостатки. Кроме того, упоминают первые программы, позволявшие создавать различные карты. Ментальные карты выдвигаются авторами как современный способ графической записи информации, не требующий особых технических средств. Говорится о Т. Бьюзене как о человеке, который и ввел понятие «ментальная карта» и заложил основу в современное представление о ментальной карте: напоминающая нейрон схема, где ядром является основная идея, а от этой идеи расходятся ветви – составляющие рассматриваемого объекта. Ментальные карты отличаются от интеллект-карт тем, что первые строятся больше с целью «запомнить», тогда как вторые – с целью «понять». Ментальная карта – это инструмент для демонстрации понимания логических связей, обычно представляющий из себя сеть со стрелками и пояснениями.

Авторы отмечают, что за прошедшие десятилетия с момента появления главных в статье понятий возникло множество способов и инструментов создания графических схем, содержащих большой массив информации. Например, первыми такими компьютерными программами стали ThinkTank и MindMan, в дальнейшем появились такие продукты, как Mindjet и MindManager. Сейчас уже существует множество различных инструментов для создания ментальных карт, такие приложения добрались и до мобильных устройств и онлайн-платформ.

На протяжении всей статьи читателю напоминают о неразрывной связи между появлением ментальных карт и гештальт-психологией – общепсихологическом направлении и немецко-австрийской школе 1910–1930-х гг., связанным с изучением зрительного восприятия, «визуального мышления» и психологии личности. Исследователи ссылаются на многих авторов и подчеркивают качества составления и восприятия ментальных карт: интегративность, иерархическая организация, влияние соотношения фигуры и фона. Отмечено, что с развитием и совершенствованием методик мануального составления карт им нашлось применение и за пределами образования – в научной деятельности, художественном и техническом творчестве, на производстве и в других сферах деятельности.

В публикации рассмотрены преимущества использования ментальных карт в различных сферах деятельности, в частности упомянут вариант самостоятельной работы учащихся над созданием карты. Что важно, говорится и об их слабых сторонах и ограничениях, а именно:

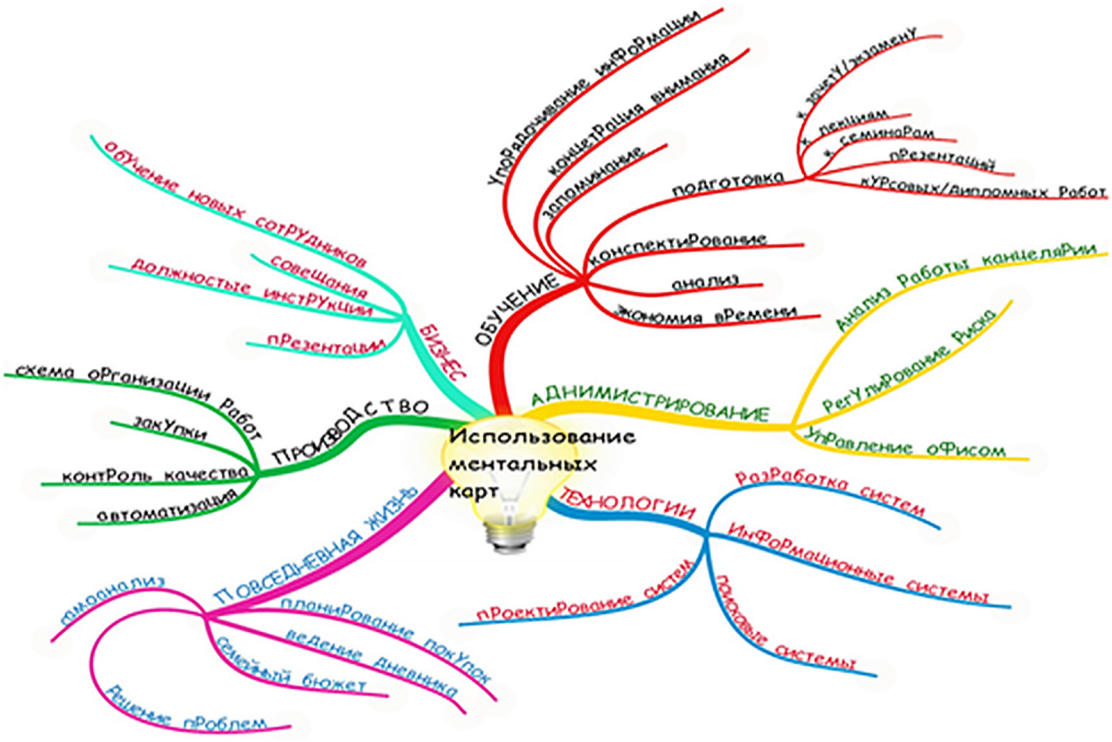
− Зависимость результата от глубины знаний и мотивированности составителя.

− Субъективная трактовка анализируемого материала составителем.

− Схематизация может привести к излишнему упрощению действительно глубокого по содержанию материала и утрате значимых деталей.

− Недостаточная изученность зависимостей затрудняет их интерпретацию.

Тем не менее перспективы и возможности картирования не исчерпаны. Затрагивается и такой инновационный подход, как использование ментальных карт в виртуальной реальности, работа с ментальными картами в трехмерном пространстве открывает новые перспективы для схематизации знаний и их применения в образовательном процессе [13].




*Карта использования карт*
*Примечание: взят авторами из источника [14]*

Оканчивается статья размышлениями о пути, проделанном картированием от простых двухмерных схем до многомерных сред; заключением, что компьютерные методы анализа способствуют появлению новых возможностей отображения знаний, а также о потенциале картирования в целом. Данная статья отражает перспективность изучения методов картирования в современности и затрагивает использование трехмерных схем в виртуальной реальности, а также затрагиваются недостатки ментальных карт, на которые важно обратить внимание.

Продолжая разговор о потенциале картирования, стоит упомянуть работу «Ментальная карта как метод обучения» В. В. Куликовой [14]. Ментальная карта рассматривается как метод повышения эффективности процесса обучения. Упоминаются карты: интеллект-карта, карта ума, карта запоминания, карта памяти, ассоциативная карта, карта визуального мышления. Непосредственно автором используется карта, показывающая область применения метода картирования (рисунок).

В статье затрагивается и аспект интегрированности использования ментальных карт в межпредметной области. Так как создание ментальных карт позволяет осуществлять множество онлайн- и офлайн-инструментов, то можно говорить о совместимости информатики и предмета, которого касается содержимое генерируемой ментальной карты. Конкретно здесь идет речь о географии и информатике [14]. Ментальные карты выдвигаются как актуальное средство, которое выполняет функцию и визуализации, и структурирования информации. Вывод, который делает автор, говорит об инновационности, практичности использования данного метода. Кроме того, картирование позволяет раскрыть индивидуальность обучающегося.

Отдельно стоит отметить существующие на сегодняшний день инструменты для создания интеллект-карт. Известные онлайн-сервисы и приложения: MindMeister, XMind [15], IOctopus, Draw.io, Mindomo, Coggle, SimpleMind.

## Заключение

Можно выделить следующие особенности использования картирования в образовании, которые осветили разные авторы:

− Разработка карт и работа с ними может создать условия для межпредметного взаимодействия. Прежде всего, речь идет о конструкции «информатика + …».

− Существует множество вариантов типизации объектов картирования, а также требования к изображаемой информации: лаконичность, емкость, ассоциативность,

структурность, смысловой акцент, понятность, доступность воспроизведения.

− Картирование оптимизирует взаимодействие визуального и внемодального каналов восприятия информации. Кроме того, оно может послужить наиболее подходящим вариантом предоставления информации для студентов с клиповым мышлением.

− Картированию нашли применение за пределами образования.

− При использовании картирования необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки применения данного метода в обучении.

− Картирование проделало долгий путь от двухмерных изображений на холсте до появления трехмерных сложных схем в виртуальном пространстве. Применение последних выглядит перспективно и на данный момент ограничивается лишь технической оснащенностью учебных заведений.

− Восприятие и работа с интеллект-картами зачастую зависят от личностных качеств и мышления студента.

− По данным ряда исследований и методических публикаций, картирование может способствовать структурированию материала и вовлеченности обучающихся, однако его эффективность зависит от условий применения и требует дальнейшей эмпирической проверки.

Таким образом, картирование является удобным и гибким инструментом при обучении в самых разных условиях и дисциплинах. Подходы педагогов к картированию демонстрируют актуальность и перспективность данного аспекта обучения. В то же время нельзя игнорировать и возможные затруднения, которые активное применение методов картирования способно вызвать:

− Необходимо, чтобы картирование было инструментом разнообразия рассмотрения материала, а не становилось полноценной заменой другим методам преподавания, поскольку карты могут раскрыть тему не во всей полноте.

− Важно избегать излишнего упрощения материала при составлении карты.

− В зависимости от материала субъективное представление автора о материале может неправильно представить изучаемую тему.

− Автор может не обладать достаточной методической компетентностью, закладывая в карту информацию.

− Карты могут подойти не любой категории обучающихся в силу ряда причин.

## Список литературы


1. Барашян В. К., Симонова О. Б. Теория мультимедийного обучения Майера. Теория и практика // Гуманитарные и социальные науки. 2024. № 4. С. 133–138. DOI: 10.18522/2070-1403-2024-105-4-133-138.

2. Sweller J. Cognitive load theory // Psychology of learning and motivation. Academic Press. 2011. Т. 55. С. 37–76. DOI: 10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8.

3. Исаков В. Б. Говорите языком схем: краткий справочник. 2-е изд. М.: Норма: Инфра-М, 2022. 216 с. DOI: 10.12737/1860649.

4. Нургалеев В. С., Лубочников П. Г. Психологическое обеспечение развития образно-логического мышления субъекта в процессе когнитивной деятельности // Сибирский педагогический журнал. 2004. № 3. С. 146–161. EDN: PLUIBJ.

5. Пурер Н. А., Минькина В. А., Неумоина Н. Г. Применение интеллектуальных карт для формирования творческого мышления обучающихся // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3–1. С. 109–114. EDN: AENCPN.

6. Перминова Е. П. Развитие интеллектуального потенциала учащихся: использование интеллект-карт // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2011. № 13 (230). С. 135–140. EDN: OFANHP.

7. Keles Ö. Elementary teachers' views on mind mapping // International Journal of Education. 2012. Т. 4. № 1. С. 93–100. DOI: 10.5296/ije.v4i1.1327.

8. Назарова О. В., Перов А. Г., Шмалько С. П. Технология картирования знаний как фактор повышения качества обучения // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 89. С. 1436–1445. EDN: TJAQLJ.

9. Кривунь М. П. Картирование как средство проектирования индивидуальной образовательной деятельности студентов // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2023. Т. 29. № 4. С. 117–123. DOI: 10.34216/2073-1426-2023-29-4-117-123.

10. Шелехова Л. В., Брантова Ф. С. Картирование как средство развития познавательной компетентности обучающихся вуза // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2024. Т. 16. № 2. С. 127–139. DOI: 10.47370/2078-1024-2024-16-2-127-139.

11. Wickramasinghe A. et al. Effectiveness of mind maps as a learning tool for medical students // South-East Asian Journal of Medical Education. 2007. Т. 1. № 1. С. 30–32. DOI: 10.4038/seajme.v1i1.506.

12. Swestyani S. et al. An analysis of logical thinking using mind mapping // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2018. Т. 1022. № 1. DOI: 10.1088/1742-6596/1022/1/012020.

13. Молчанов К. А., Молчанов А. С. История возникновения, текущее состояние и перспективы развития картирования и визуализации знаний // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11. № 4. URL: https://mir-nauki.com/60psmn423.html (дата обращения: 10.09.2026). EDN: HOEEVG.

14. Куликова В. В. Ментальная карта как метод обучения // Карельский научный журнал. 2021. Т. 10. № 1 (34). С. 29–32. DOI: 10.26140/KNZ4-2021-1001-0007.

15. Дронова Е. Н. Ментальные карты в учебном процессе: роль и основы разработки // Проблемы современного образования. 2017. № 2. С. 118–124. EDN: YOATWP.


**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.1:004.8
DOI

CC BY 4.0

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: НОВЫЕ РОЛИ И ЭТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ

**Максимова Н. А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет», Смоленск, Российская Федерация, e-mail: ruta-baga@yandex.ru*

Перемены, происходящие сегодня в высшей школе под влиянием цифровизации, заставляют задуматься о том, как именно могут измениться профессиональные обязанности и роль преподавателя. Внедрение искусственного интеллекта в учебный процесс расширяет арсенал дидактических средств, но при этом оборачивается целым комплексом этических вопросов, требующих внимательного разбора. Данная работа представляет собой попытку разносторонне взглянуть на возможные сдвиги в преподавательских функциях и обозначить основные проблемы, возникающие по мере проникновения ИИ-технологий в образовательный процесс высшей школы. Исследование выполнено в описательном дизайне с элементами экспериментального сравнения: эмпирическую базу составили данные анкетирования студентов (n = 97) и преподавателей (n = 15) Смоленского государственного университета, а также результаты сопоставительного анализа учебных текстов, подготовленных традиционным способом и с помощью генеративных нейросетей ChatGPT-4 и GigaChat 2.0. Анализ полученных материалов свидетельствует о том, что внешняя готовность работать с новыми инструментами соседствует с низким уровнем этической рефлексии у обеих сторон образовательного процесса. Нейросети перераспределяют время педагога и его усилия: на первый план выходят проверка и доработка сгенерированного контента – возникает то, что можно назвать «скрытым трудом». При сопоставлении учебных материалов выяснилось, что тексты, подготовленные преподавателями, отличаются большей глубиной и содержательной плотностью, тогда как машинные – большей четкостью структуры и логической стройностью. Вместе с тем автор осознает ограниченность выводов рамками одного вуза и спецификой выборки, что требует осторожности при генерализации результатов. В заключении обосновывается необходимость пересмотреть сложившиеся модели педагогической подготовки, усилить этический компонент в образовательных программах и сдержаннее подходить к прогнозам относительно эффектов автоматизации.

**Ключевые слова: искусственный интеллект в образовании, педагогическая идентичность, этические риски, генеративные нейросети, трансформация роли преподавателя, цифровая педагогика, высшее образование**

# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: NEW ROLES AND ETHICAL CHALLENGES

**Maksimova N. A.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Smolensk State University", Smolensk, Russian Federation, e-mail: ruta-baga@yandex.ru*

The ongoing digital transformation of higher education raises questions about how the professional responsibilities and the role of the teacher may be reshaped. The integration of artificial intelligence into the educational process expands the available repertoire of didactic tools, yet simultaneously gives rise to a range of ethical concerns that merit careful examination. This paper represents an attempt to provide a multidimensional perspective on the shifts in teaching functions and to outline the key challenges emerging as AI technologies penetrate the higher education landscape. The study was conducted within a descriptive design incorporating elements of experimental comparison: the empirical basis comprised survey data collected from students (n = 97) and faculty members (n = 15) at Smolensk State University, alongside the findings from a comparative analysis of instructional texts prepared through conventional means and with the assistance of generative neural networks (ChatGPT-4 and GigaChat 2.0). The analysis of the obtained materials suggests that an outwardly expressed readiness to engage with new tools coexists with a notably low level of ethical reflection among both parties involved in the educational process. Neural networks appear to redistribute the teacher's time and effort: the emphasis shifts toward the verification and refinement of machine-generated content – giving rise to what may be termed "hidden labor." The comparison of the instructional materials revealed that texts authored by instructors tend to excel in depth and substantive richness, whereas machine-generated texts demonstrate greater structural clarity and logical coherence. At the same time, the author acknowledges the limitations of the findings, which are confined to a single institution and a specific sample composition, thus warranting caution in any generalization of the results. The paper concludes by substantiating the need to reconsider existing models of teacher training, to strengthen the ethical component within educational curricula, and to adopt a more measured approach toward predictions concerning the effects of automation.

**Keywords: artificial intelligence in education, pedagogical identity, ethical risks, generative neural networks, transformation of the teacher's role, digital pedagogy, higher education**

**Введение**

Технологии искусственного интеллекта за последние годы стали оказывать заметное влияние на многие области человеческой деятельности, и образование не стало исключением [1, 2]. Интеграция ИИ в образовательный процесс (AIED) позволяет выстраивать индивидуальные траектории обучения, освобождать преподавателей от рутинных задач и делать качественное образование более доступным [3].

Актуальность темы: образовательные учреждения испытывают потребность в формировании этических принципов работы с нейросетями. Зарубежные исследователи давно обсуждают этические аспекты AIED, тогда как российское научное сообщество лишь приступает к систематическому изучению данной темы [4–6]. Современные исследования технологии искусственного интеллекта в образовании опираются на постфеноменологический подход, разработанный П. Вербеком. Согласно этому подходу, технологии выступают медиаторами человеческого опыта и практик, а не остаются нейтральными инструментами. Они формируют то, как преподаватели воспринимают собственную роль и выстраивают отношения со студентами [7].

В русле исследований влияния технологий ИИ на профессиональную ответственность педагогов заслуживает внимания теория «морального переплетения». Ее сторонники исходят из того, что чувство ответственности у преподавателя произрастает из глубины межличностных контактов со студентами, из эмоциональной вовлеченности в их учебную траекторию. Когда же значительная часть общения и контроля передается автоматизированным системам, эти личные нити истончаются, а то и вовсе рвутся, что отражается на восприятии педагогом меры своей вины и долга за результаты обучения [8].

В научной литературе принято структурировать этические угрозы применения технологий ИИ в образовании по трем укрупненным блокам. Первый блок – технологический – аккумулирует проблемы конфиденциальности и сохранности пользовательских данных, необъективность алгоритмов, заложенную в обучающих выборках, непрозрачность логики работы нейросетей (так называемый эффект «черного ящика») и технические сбои, ведущие к ошибочным выводам. Второй блок – педагогический – представляет собой наиболее разветвленную группу рисков: здесь и нивелирование индивидуальных особенностей развития учащихся, и нивелирование преподавательских стилей, и угроза профессиональной деградации, и подмена подлинных образовательных целей их суррогатами, и эмоциональное охлаждение, и провоцирование психологических нарушений, и массовое распространение списывания и плагиата. Наконец, третий блок, социальный, объединяет проблемы, связанные с нарастанием разрыва в доступе к технологиям между разными группами обучаемых, с неопределенностью субъекта ответственности за решения, принятые с участием технологий ИИ, а также с потенциальными коллизиями интересов, возникающими между всеми вовлеченными сторонами.

Российские исследователи также обращаются к этим проблемам. Н. А. Староверова фиксирует, что внедрение технологий ИИ в образование сопровождается опасениями относительно непрозрачности алгоритмов и вероятных ошибок при оценивании, а еще ставит вопросы о сборе, хранении и использовании персональных данных [4]. А. С. Луньков анализирует этические сложности применения нейросетей для управления успеваемостью и указывает на предвзятость программных продуктов, построенных на машинном обучении и работающих с большими массивами информации [9]. М. В. Якутина, изучая использование данных технологий при обучении студентов, зафиксировала высокую степень их принятия в этой среде, однако одновременно выявила существенный пробел: студенты мало осведомлены об этичности применения нейросетей, особенно когда отсутствуют четкие процедуры определения авторства. Это свидетельствует о потребности формировать у студентов и преподавателей этическую грамотность в области искусственного интеллекта [10–12].

В эмпирическом исследовании, проведенном М. Лундквистом, А. Сонессоном и Н. Селвином, было продемонстрировано, что использование генеративных моделей влечет за собой возникновение дополнительной нагрузки на преподавателя. Речь идет о трудоемких процедурах верификации, редактирования и доработки контента, созданного алгоритмами. Такая деятельность базируется на уникальных компетенциях специалиста и не может быть формализована и передана машине [13]. В отношении прогнозов развития педагогической профессии в условиях цифровизации в академической среде оформились две конкурирующие позиции. Сторонники первой видят в нейросетях эффективный инструментарий, который существенно раздвигает горизонты преподавательской деятельности, автоматизируя рутину. При-

верженцы противоположной точки зрения апеллируют к рискам утраты профессиональной сущности: они опасаются, что учитель со временем превратится в оператора, обслуживающего технические системы.

**Цель исследования** – осуществить анализ роли педагога на фоне внедрения нейросетей и одновременно очертить круг моральных дилемм, сопутствующих этим изменениям.

Новизна представленной работы определяется комплексным подходом к изучению трансформации профессионального статуса преподавателя высшей школы в условиях внедрения генеративных нейросетей, а также тем, что исследование одновременно охватывает и функциональные, и ценностно-нормативные аспекты этого процесса.

## Материалы и методы исследования

Для реализации поставленных задач автором был задействован широкий спектр исследовательских процедур, охватывающих как сугубо теоретические, так и практические методы познания. Исследование проходило в стенах Смоленского государственного университета на протяжении 2025 г. В исследовании приняли участие 112 чел., из которых 97 обучающихся по программам бакалавриата очного отделения и 15 штатных преподавателей, представляющих разные факультеты. К участию приглашались бакалавры со второго по четвертый курс, уже имевшие практический опыт взаимодействия с цифровыми сервисами в учебных целях, а также педагоги со стажем не менее трех лет, чья ежедневная деятельность предполагает постоянный контакт с учащимися.

Для сбора данных использовались следующие инструменты (анкеты были разработаны на основе методик, применявшихся в исследованиях Н. А. Староверовой и М. В. Якутиной [4, 10]): 1. Студентам была предложена анкета, которая включала 25 вопросов с множественным выбором, по трем блокам: а) опыт использования технологий ИИ в учебной деятельности; б) восприятие этических аспектов применения нейросетей в) отношение к изменению роли преподавателя. 2. Анкета для преподавателей включала 20 вопросов с множественным выбором по следующим темам: а) опыт применения технологий ИИ в преподавательской деятельности; б) восприятие изменений профессиональной роли; в) оценка этических рисков. 3. Студентам предлагались два варианта учебных материалов (лекций и заданий): один созданный традиционным способом, другой – с использованием нейросети. Участников просили оценить качество материалов, а затем ответить на вопросы о готовности использовать сгенерированные материалы.

Исследование проходило в три этапа: первый (январь – февраль 2025 г.) был посвящен сбору анкетных данных через онлайн-платформу, второй (март – апрель 2025 г.) включал эксперимент с учебными материалами, созданными нейросетями ChatGPT-4 и GigaChat 2.0, а третий (май 2025 г.) состоял из интервью с преподавателями, направленных на углубленное обсуждение выявленных проблем.

Поскольку эмпирическая часть работы предполагала непосредственное вовлечение преподавателей и студентов Смоленского государственного университета в качестве респондентов, организация всех этапов сбора данных выстраивалась с безусловным соблюдением норм и стандартов, регламентирующих взаимодействие с участниками психолого-педагогических исследований. Каждому респонденту на предварительном этапе предоставлялась исчерпывающая информация о содержании и целях предпринимаемого изыскания, временных затратах, возможных форматах включения. Также разъяснялось, в каком виде планируется представлять итоговые результаты и где они могут быть опубликованы. Акцент делался на том, что решение об участии принимается исключительно добровольно, все полученные данные были обезличены.

## Результаты исследования и их обсуждение

Студенты отмечают высокую степень использования технологий ИИ в учебной деятельности. Чаще всего студенты применяют данные инструменты для следующих целей: 1. Поиска и обобщения информации. 2. Подготовки текстов. 3. Проверки грамматики и стиля. 4. Создания презентаций. При этом лишь часть респондентов заявили, что знакомы с этическими принципами использования данных технологий в академической среде, а более половины никогда не задумывались о вопросах авторского права применительно к сгенерированным материалам. Эти результаты согласуются с выводами М. В. Якутиной, зафиксировавшей аналогичный пробел в знаниях студентов об этичности работы с такими системами [10]. Примечательно, что многие студенты считают, что навыки работы с нейросетями должны войти в образовательные программы, но при этом они выразили обеспокоенность тем, что широкое использование ИИ способно ослабить критическое мышление и самостоятельность выполняемой работы.

Анализ ответов на вопросы анкеты среди преподавателей показал следующее: больше половины указали на использование технологий ИИ в профессиональной деятельности (причем основными направлениями использования оказались подготовка учебных материалов, разработка тестовых заданий и проверка письменных работ). Преподаватели обеспокоены тем, что при внедрении нейросетей снижается самостоятельная работа студентов при выполнении заданий и увеличивается сложность контроля за их использованием. Нейросети рассматриваются ими как инструмент, способный высвободить время для более глубокого взаимодействия со студентами, но при этом вызывают тревогу относительно возможного обесценивания профессии и утраты близости в отношениях с обучающимися.

Студентам были предложены два варианта учебных материалов – подготовленные преподавателем и нейросетью. При проведении сравнения они отметили, что материалы, подготовленные нейросетью, выигрывают в структурированности и наглядности, однако уступают преподавательским по качеству содержания. Основными претензиями к машинным материалам стали: недостаточная адаптация к контексту обучения, отсутствие примеров из реальной практики, сложность проверки фактологической достоверности. В беседе студенты согласились бы обращаться к материалам, созданным нейросетью для самостоятельного обучения при условии, что потом они будут проверены преподавателем.

Можно выделить следующие проблемы. 1. Преподаватели фиксируют смещение профессионального акцента. Один из респондентов сформулировал это так: «Если прежде я был для студентов тем, кто дает готовые знания, то теперь от меня требуется другое – научить их эти знания оценивать, проверять и правильно спрашивать у нейросети» (доцент, гуманитарный профиль). 2. Параллельно преподаватели описывают значительный объем дополнительной работы, связанной с проверкой и адаптацией материалов, сгенерированных нейросетями: «Когда я использую ChatGPT для подготовки лекции, я трачу почти столько же времени на проверку и переработку материала, сколько потратил бы на подготовку с нуля. Но это невидимая работа, никто ее не видит» (старший преподаватель, технический профиль). 3. Вопрос распределения ответственности при использовании технологий ИИ. Профессор технического профиля формулирует эту проблему предельно конкретно: «Если я использую нейросеть для проверки работ и она ошибается, кто будет нести ответственность перед студентом?» 4. Респонденты отмечают необходимость целенаправленной работы по формированию этической культуры работы с такими системами. Один из доцентов гуманитарного профиля выразил эту мысль следующим образом: «Мы можем написать любые правила, но студент найдет способ их обойти. Важно сформировать понимание, почему честность важна, независимо от того, используешь ты ИИ или нет».

Осмысление результатов анкетирования респондентов Смоленского государственного университета (СмолГУ) позволяет выявить ряд закономерностей, касающихся функционала преподавателя в условиях повсеместного проникновения нейросетевых технологий в учебный процесс. Часть профессорско-преподавательского состава СмолГУ испытывает психологическую и методическую неподготовленность к выполнению обновленных функций. Студенты и преподаватели оказываются вовлеченными в практики применения искусственного интеллекта, однако нормативно-ценностные аспекты этих практик остаются для них вне поля осознанного восприятия (восполнение этого пробела автором видится через системное внедрение этической составляющей в образовательные модули, посвященные работе с нейросетями).

Проведенное на базе СмолГУ исследование демонстрирует, что утверждение об экономии временных ресурсов при переходе на ИИ-технологии не находит однозначного подтверждения. Процедуры адаптации синтезированного нейросетью материала требуют от педагога временных затрат, сопоставимых с традиционной подготовкой, поскольку каждый содержательный блок требует проверки, устранения фактических погрешностей и адаптации к уровню восприятия конкретной студенческой группы. Следовательно, представление о «революционной продуктивности» цифровых помощников нуждается в уточнении. Нейросети рассматриваются как инструмент кастомизации обучения, способный учитывать уникальные познавательные потребности каждого студента. В то же время следует учитывать, что единообразие применяемых алгоритмов может порождать шаблонность построения занятий и обезличивает содержание образовательных программ. Возникает ситуация, при которой внешне сохраняется видимость индивидуального подхода, тогда как содержательное наполнение курсов и методический инструментарий нивелируются, становятся однотипными.

Данная закономерность не является характерной только для СмолГУ и фиксируется в исследованиях, проведенных на других площадках. Аналогичные тенденции, связанные с унификацией дидактических решений и риском обезличивания образовательного контента при активном использовании генеративных нейросетей, отмечаются в работах А. Е. Ивановой, А. Ф. Матушак и Б. Е. Токарева [14–16].

*Ограничения исследования.* Несмотря на обоснованность и внутреннюю непротиворечивость полученных выводов, исследование имеет ряд методологических и содержательных ограничений.

Во-первых, материал был собран исключительно на площадке одного высшего учебного заведения, Смоленского государственного университета, и отражает конкретную региональную ситуацию, но не дает достаточных оснований для распространения сделанных заключений на всю российскую систему высшего образования. Во-вторых, сама структура выборки накладывает дополнительные ограничения на обобщаемость результатов. К участию привлекались только студенты очного бакалавриата и педагоги с педагогическим стажем от трех лет и более. Таким образом, за пределами исследования остались обучающиеся на заочной форме, магистранты, аспиранты, а также начинающие преподаватели, чьи установки и опыт взаимодействия с нейросетевыми инструментами могут демонстрировать иную динамику. В-третьих, экспериментальная часть исследования строилась на использовании лишь двух моделей – ChatGPT-4 и GigaChat 2.0. Между тем современный рынок предлагает широкий спектр альтернативных решений (DeepSeek, YandexGPT, различные открытые модели), каждое из которых отличается собственной архитектурой, стилистическими особенностями генерации и достоверностью выдаваемых фактов. В связи с этим выводы о сравнительных характеристиках «человеческих» и «машинных» учебных материалов не могут быть автоматически распространены на все существующие нейросетевые инструменты. Перечисленные ограничения не ставят под сомнение достоверность ключевых положений и выводов исследования, однако требуют взвешенного подхода при их интерпретации, осторожности в генерализации и должны быть учтены при организации последующих этапов работы – в частности, при расширении географии и масштаба выборки, включении образовательных учреждений разных типов.

*Перспективы исследования.* Проведенная работа открывает ряд направлений для дальнейшего научного поиска. Возможно расширить географию и масштаб эмпирических исследований за счет включения вузов разных типов – классических университетов, технических и педагогических, – что позволит выявить специфику протекания описанных процессов в различных институциональных условиях.

За рамками данной работы остался детальный анализ влияния ИИ-инструментов на академическую успеваемость и формирование критического мышления обучающихся. Изучение того, в какой мере регулярное использование нейросетей сказывается на когнитивных стратегиях и уровне самостоятельности студентов, представляет собой одно из наиболее актуальных направлений дальнейших изысканий.

## Заключение

Обобщая результаты исследования, можно выделить несколько ключевых положений.

Интеграция систем искусственного интеллекта в образовательную практику влечет за собой изменения в функциональной структуре преподавательской деятельности, которые. направлены в сторону организации учебного процесса и развития у студентов способности критически осмысливать поступающую информацию. При этом полученные результаты анкетирования на базе СмолГУ свидетельствуют о низком уровне информированности о нормативных и моральных ограничениях в этой сфере. Большинство участников исследования, судя по их ответам, слабо ориентируются в этических регламентах работы с нейросетями.

Среди этических проблем, которые могут возникать при использовании нейросетей, можно выделить: алгоритмическую предвзятость, закрытость логики работы для внешнего контроля, риски компрометации персональных сведений и неопределенность ответственности за результаты, полученные с участием машин.

## Список литературы

1. Ивахненко Е. Н., Никольский В. С. ChatGPT в высшем образовании и науке: угроза или ценный ресурс? // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 4. С. 9–22. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22.

2. Ракитов А. И. Высшее образование и искусственный интеллект: эйфория и алармизм // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 6. С. 41–49. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1392/1142 (дата обращения: 21.08.2026).

3. Токтарова В. И., Ребко О. В. Интеграция искусственного интеллекта в работу педагога: инструменты для педагогического дизайна и разработки образовательных продуктов // Информатика и образование. 2024. Т. 39. № 1. С. 9–21. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-1-9-21.

4. Староверова Н. А. Этические проблемы применения технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 9. С. 145–150. DOI: 10.17513/snt.40163.

5. Сувирова А. Ю., Ананин Д. П., Шевелева Н. Н. Искусственный интеллект в школьном и вузовском преподавании: российский и зарубежный опыт // Концепт. 2025. № 9. С. 318–330. DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11190.

6. Сысоев П. В. Искусственный интеллект в образовании: осведомленность, готовность и практика применения преподавателями высшей школы технологий искусственного интеллекта в профессиональной деятельности // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 10. С. 9–33. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-10-9-33.

7. Verbeek P.-P. Moralizing Technology: Understanding and Designing the Morality of Things / Peter-Paul Verbeek. Chicago; London: The University of Chicago Press. 2011. Ix. 183 p. ISBN 978-0-226-85293-5 (pbk.).

8. Wieczorek M., Tollon F. Teachers' Busywork, Moral Entanglement, and the Automation of Responsibility // Ethic Theory Moral Prac. 2026. № 29. P. 565–582. DOI: 10.1007/s10677-026-10557-9.

9. Луньков А. С. Искусственный интеллект в управлении успеваемостью обучающихся: между этикой и технической стандартизацией // Школьные технологии. 2025. № 4. С. 22–26. URL: https://narodnoe.org/journals/shkolnie-tehnologii/2025-4/iskusstvenniiy-intellekt-v-upravlenii-uspevaemostyu-obuchayushihsya-mejdu-etikoiy-i-tehnicheskoiy-standartizacieiy (дата обращения: 21.08.2026).

10. Якутина М. В. Искусственный интеллект в обучении студентов: преимущества, вызовы и этические аспекты // Гуманитарий Юга России. 2025. Т. 14. № 5. С. 115–126. DOI: 10.18522/2227-8656.2025.5.8.

11. Тихонова Н. В., Сабирова Д. Р. Грамотность педагога в области искусственного интеллекта: теоретический анализ понятия // Образование и наука. 2025. Т. 27. № 6. С. 180–206. DOI: 10.17853/1994-5639-2025-6-180-206.

12. Буякова К. И., Дмитриев Я. А., Иванова А. С., Кабанова Т. В., Фещенко А. В. Типы отношения студентов и преподавателей к использованию искусственного интеллекта в высшем образовании: кластерный анализ // Вопросы образования. 2026. № 1. С. 37–66. DOI: 10.17323/vo-2026-26772.

13. Selwyn N., Ljungqvist M., Sonesson A. When the prompting stops: exploring teachers' work around the educational frailties of generative AI tools // Learning, Media and Technology. 2025. № 50 (3). P. 310–323. DOI: 10.1080/17439884.2025.2537959.

14. Иванова А. Е., Тарасова К. В., Талов Д. П. Между интересом и умением: как студенты воспринимают и применяют ИИ // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. № 8–9. С. 9–32. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-8-9-9-32.

15. Матушак А. Ф., Павлова О. Ю., Носова Л. С., Велиева Л. Ф., Салимова И. М. Роль искусственного интеллекта и цифровых технологий в высшем образовании // Russian Journal of Education and Psychology. 2025. Т. 16. № 2. С. 73–94. DOI: 10.12731/2658-4034-2025-16-2-731.

16. Токарев Б. Е., Россихин Б. А. Анализ применения искусственного интеллекта преподавателями вуза // Вестник университета. 2025. № 7. С. 45–55. DOI: 10.26425/1816-4277-2025-7-45-55.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.1
DOI

CC BY 4.0

# ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СУБЪЕКТНОСТЬ БУДУЩЕГО ПЕДАГОГА: СУЩНОСТЬ, ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА

**Мельникова В. В. ORCID ID 0009-0000-6532-6747,**
**Кузнецова А. Г. ORCID ID 0000-0002-4951-7639**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет имени М. П. Даниловского», Хабаровск, Российская Федерация, e-mail: 010169@togudv.ru*

Субъектность будущего педагога является условием его личностно-профессионального становления и определяет готовность выступать субъектом профессиональной деятельности, поэтому ее целенаправленное развитие составляет одну из важных задач подготовки педагогических кадров. Для разработки педагогических средств, обеспечивающих решение указанной задачи, необходимо целостное представление об этом качестве, его содержательных характеристиках и особенностях функционирования в учебно-профессиональной деятельности, что определило цель исследования – раскрыть сущность и специфику профессиональной субъектности будущего педагога, выявить ее функции, обосновать состав структурных компонентов и определить критерии их сформированности. Исследование выполнено с позиций системного подхода. Междисциплинарный анализ источников по проблеме, синтез и систематизация представленных в них положений позволили рассмотреть изучаемое явление в единстве его структурно-содержательных и функциональных характеристик. В работе предложена авторская трактовка искомого понятия. Раскрыта роль профессиональной субъектности в личностно-профессиональном развитии будущего педагога посредством выявления ее смыслообразующей, коммуникативной, регулятивной и активно-преобразующей функций. Обоснована структура, включающая мотивационно-смысловой, перцептивно-отношенческий и рефлексивно-регулятивный компоненты, обеспечивающие реализацию выделенных функций. Установлен вклад каждого из них в функционирование профессиональной субъектности как целостной системы. Определены критерии, позволяющие оценить степень выраженности этих компонентов. Разработана структурно-функциональная модель, отражающая взаимосвязь структурных компонентов и выполняемых функций. Полученные результаты дополняют научные представления о профессиональной субъектности будущих учителей и могут быть использованы для диагностики ее состояния и проектирования моделей развития в образовательном процессе вуза.

**Ключевые слова: субъект, субъектность, функции профессиональной субъектности будущего педагога, структура профессиональной субъектности, критерии профессиональной субъектности**

# PROFESSIONAL AGENCY OF A PRE-SERVICE TEACHER: ESSENCE, FUNCTIONS, AND STRUCTURE

**Melnikova V. V. ORCID ID 0009-0000-6532-6747,**
**Kuznetsova A. G. ORCID ID 0000-0002-4951-7639**

*Federal State Budgetary Educational University of Higher Education "Pacific National University named after M. P. Danilovskiy", Khabarovsk, Russian Federation, e-mail: 010169@togudv.ru*

Pre-service teacher agency is a prerequisite for personal and professional formation and determines readiness to act as an agent in professional activity; therefore, its targeted development is an important objective of teacher education. Developing pedagogical tools for this objective requires a holistic understanding of this quality, its substantive characteristics, and the features of its functioning in educational and professional activity, which determined the study aim: to clarify the essence and specificity of pre-service teachers' professional agency, identify its functions, substantiate its structural components, and determine criteria for assessing their level of development. The study was conducted from a systems perspective. Interdisciplinary source analysis, synthesis, and systematization of the propositions presented enabled the phenomenon to be examined as a unity of structural, substantive, and functional characteristics. An authorial interpretation of the concept is proposed. The role of professional agency in pre-service teachers' personal and professional development is revealed through its meaning-forming, communicative, regulatory, and active-transformative functions. A structure comprising motivational-semantic, perceptual-attitudinal, and reflective-regulatory components ensuring the implementation of these functions is substantiated. Each component's contribution to the functioning of professional agency as a holistic system is established. Criteria for assessing the degree of expression of these components are defined. A structural-functional model reflecting the interrelationship of structural components and functions is developed. The findings extend scholarly understanding of pre-service teachers' professional agency and may support assessment of its current state and the design of development models in university education.

**Keywords: agent, agency, functions of pre-service teachers' professional agency, structure of professional agency, criteria of professional agency**

## Введение

Вопросы, связанные со способностью человека самостоятельно определять направления и выстраивать траекторию личностного и профессионального развития и тем самым выступать субъектом собственной жизнедеятельности, занимают одно из центральных мест в актуальной исследовательской повестке социально-гуманитарных наук. Для будущего педагога субъектность выступает условием личностно-профессионального развития, освоения профессиональных компетенций и становления в качестве субъекта педагогической деятельности, поэтому ее развитие рассматривается как одна из целей педагогического образования [1–3]. Достижение этой цели предполагает наличие целостного представления о сущности этого качества, его структурных составляющих, особенностях проявления в деятельности и признаках сформированности.

Поскольку проблематика субъекта и субъектности разрабатывается в философии, социологии, психологии, культурологии, педагогике, экономике и других науках с различных теоретико-методологических позиций и на разных уровнях анализа, существует множество трактовок этих понятий как в междисциплинарном контексте, так и в рамках отдельных научных дисциплин. В работах отечественных ученых субъектность преимущественно рассматривается как интегративное качество, обеспечивающее способность человека выступать субъектом деятельности [4, с. 71; 5, с. 106]. В частности, субъектность определяется как способность быть субъектом учебной [6] и профессиональной [7; 8] деятельности. Если обобщить представленные в научной литературе определения, к признакам субъектности можно отнести активность, целеустремленность, интернальность, рефлексивность, самоэффективность, инициативность, самостоятельность, готовность принимать решения и нести ответственность за них, стремление к самоопределению, самореализации и саморазвитию, способность к саморегуляции и самоорганизации и др.

Такое разнообразие содержательных характеристик связано с самой природой субъектности, проявляющейся в принципиально неограниченном многообразии форм взаимодействия человека с миром [9]. В различных видах деятельности субъектность приобретает свою специфику, определяемую характером решаемых задач, поэтому анализ ее структуры предполагает уточнение того, о каком виде активности идет речь и субъектом какой именно деятельности выступает человек [5, с. 108–109; 10]. В зарубежных исследованиях понятие agency как англоязычный аналог субъектности также не имеет общепринятого определения, а критерии оценки и инструменты измерения зависят от избранных авторами теоретических подходов к изучению этого феномена, сферы деятельности, социокультурных и ситуационных факторов [11–13].

Специфика профессиональной субъектности будущего педагога определяется особенностями актуальной учебно-профессиональной деятельности, в процессе которой она формируется и проявляется, а также требованиями будущей профессионально-педагогической деятельности. Поскольку рассматриваемое качество представляет собой целостное образование, в соответствии с базовыми положениями системного подхода раскрытие его сущности, как и сущности любого системного объекта, предполагает анализ структуры и присущих ему функций в их единстве [14, с. 42–43]. Именно функции, как отмечается в исследованиях, являются условием существования структуры, в большей мере отражают специфику и сущность целостного явления и выступают интегрирующим фактором, благодаря которому система формируется, сохраняется и развивается как целое, тогда как структура обеспечивает процессуальную основу ее функционирования [15, с. 17–18; 16]. Следовательно, для получения наиболее полного представления о профессиональной субъектности будущего педагога целесообразно учитывать как функции, отражающие ее роль в соответствующих видах деятельности, так и структуру, обеспечивающую их реализацию.

Однако в работах, посвященных проблематике субъектности как будущих, так и практикующих педагогов, внимание сосредоточено преимущественно на изучении структурных компонентов и описании их содержания [7; 17; 18], тогда как ее функциональные характеристики раскрыты менее полно и нуждаются в дальнейшем теоретическом осмыслении. В связи с этим **цель настоящей работы** заключается в раскрытии сущности профессиональной субъектности будущего педагога, выявлении функций, которые она выполняет в процессе его личностно-профессионального развития, обосновании структуры, соответствующей этим функциям, определении содержательного наполнения ее компонентов и критериев их сформированности.

## Материалы и методы исследования

Методологическими основаниями исследования послужили системный подход,

позволяющий описывать системы и их развитие посредством характеристики взаимосвязей структуры и функций [14, с. 36], а также предложенные А. А. Глебовым регулятивы раскрытия сущности личностного качества как целостного явления [16]. В соответствии с этими регулятивами исследование проводилось в три этапа. На первом этапе были выделены универсальные характеристики субъектности, раскрыта специфика профессиональной субъектности будущего педагога, определены границы исследуемого явления и его отличия от других, что позволило уточнить его определение. На втором этапе была выявлена система функций профессиональной субъектности будущего педагога. На третьем этапе обоснована соответствующая выделенным функциям структура, раскрыто содержание ее компонентов и определены критерии их сформированности.

Задачи каждого из обозначенных этапов исследования решались на основе теоретико-методологического анализа научной литературы по рассматриваемой проблематике. Раскрытие сущности профессиональной субъектности будущего педагога осуществлялось посредством междисциплинарного анализа, синтеза и систематизации определений понятий «субъект», «субъектность», «профессиональная субъектность», «agency», «агентность» и «субъектная позиция», представленных в фундаментальных и современных работах отечественных и зарубежных ученых. Для определения значения субъектности в процессе профессионализации педагога и особенностей ее проявления на этапе обучения в вузе были изучены теоретические и эмпирические публикации, посвященные профессионально-педагогической направленности, самоотношению, рефлексивности, самоуправлению и саморегуляции. Это позволило рассмотреть профессиональную субъектность как целостное образование, установить взаимосвязь ее функций и структуры, обосновать состав и содержание компонентов, а также определить вклад каждого из них в функционирование системы.

## Результаты исследования и их обсуждение

Отправной точкой анализа профессиональной субъектности будущего педагога является определение ее сущности, предполагающее синтез трактовок, сложившихся в различных научных подходах [16]. В отечественной научной традиции проблематика субъекта и субъектности наиболее последовательно разработана в рамках восходящего к идеям С. Л. Рубинштейна субъектно-деятельностного подхода, в котором субъектность рассматривается как интегральная целостность, сложное системное качество, позволяющее человеку выступать автором собственной деятельности, созидать новое, преобразовывать действительность, изменять собственную деятельность и самого себя в процессе ее осуществления [4, с. 69–71; 9; 19].

В зарубежных исследованиях близкое по смыслу к субъектности понятие agency концептуализируется с позиций трех основных исследовательских направлений: психологического, социологического и эмерджентного [11]. Первое направление восходит к социально-когнитивной теории A. Bandura, согласно которой ключевыми характеристиками агентности выступают интенциональность, предвосхищение будущих событий, саморегуляция и саморефлексивность, определяющие способность человека целенаправленно влиять на условия собственной жизнедеятельности [20]. В рамках второго направления одной из наиболее влиятельных макротеорий является концепция, предложенная M. Emirbayer и A. Mische. Агентность авторы рассматривают как процесс социального взаимодействия, связанный с предшествующим опытом, представлениями о возможном будущем и их соотнесением с конкретными обстоятельствами текущей ситуации [21]. Третье направление представлено экологическими подходами, трактующими агентность как эмерджентный феномен, то есть явление, возникающее в результате взаимодействия индивидуальных возможностей человека с ресурсами и ограничениями социальной среды, в том числе профессиональной [22; 23, с. 24].

Обобщение рассмотренных подходов позволяет заключить, что субъектность не является статичным, раз и навсегда заданным качеством. Она формируется, развивается и изменяется в процессе жизнедеятельности человека, во взаимодействии с окружающим миром, другими людьми и самим собой. При всем многообразии содержательных характеристик субъектности и агентности, выделяемых исследователями, общим для рассмотренных подходов смысловым инвариантом выступает идея преобразующей, осознанной и целенаправленной активности субъекта, его способности изменять ход, условия и результаты собственной деятельности.

Характерной тенденцией как для отечественных, так и для зарубежных исследований является рассмотрение проблематики субъектности в аспекте способности личности к самоуправлению и саморегуляции деятельности. Так, О. А. Конопкин опре-

деляет способность к осознанной саморегуляции как психологический критерий человека как субъекта [24], а А. К. Осницкий – как форму существования субъектности [10]. Самоуправление М. А. Щукина относит к основным функциям субъектности [25, с. 202]. Ф. Г. Мухаметзянова и соавт. включают способность к самоуправлению в число критериев развития субъектности [26, с. 147]. Согласно теории A. Bandura, процессы саморегуляции обеспечивают воплощение намерений в действия [20]. Таким образом, самоуправление и саморегуляция деятельности наряду с преобразующей активностью могут рассматриваться как сущностные признаки субъектности, обретающие качественное своеобразие в различных видах деятельности.

В профессиональной деятельности преобразующая активность субъекта направлена на самостоятельное инициирование и регулирование профессиональных действий, совершенствование способов их осуществления [27, с. 50–51, 83]. Высокий уровень профессиональной субъектности, по мнению А. А. Деркача, обеспечивает формирование личностно-профессиональной позиции специалиста, его готовности к профессиональной деятельности и личностно-профессиональному самосовершенствованию [28]. В профессиях субъект-субъектного типа это качество особенно востребовано, поскольку уникальность и неповторимость ситуаций профессионального взаимодействия предполагают самостоятельность, саморегуляцию и ответственность специалистов при принятии решений [8].

Специфической характеристикой профессионально-педагогической субъектности является направленность преобразующей активности на содействие развитию субъектности другого человека, поскольку субъектность учителя, как отмечают исследователи, одновременно выступает фактором его личностно-профессионального развития, способствует совершенствованию педагогической деятельности в целом и служит условием развития субъектности обучающихся [7; 19; 29]. Ее развитие начинается в период профессиональной подготовки – в студенческом возрасте, наиболее сензитивном для этого процесса [26, с. 143; 30]. Эмпирические данные свидетельствуют о том, что готовность к изменениям собственной субъектности у обучающихся педагогического профиля в раннем юношеском возрасте выше, чем у состоявшихся педагогов со сформированной Я-концепцией [31].

Изучение субъектности студента в учебно-профессиональной деятельности в значительной части работ осуществляется посредством анализа позиции, занимаемой им в образовательном процессе [19; 30; 32]. Субъектная позиция, понимаемая исследователями как ядро субъектности, представляет собой систему отношений студента к учебно-профессиональной деятельности, к себе как ее субъекту и к будущей профессии, определяющую ценностно-смысловую направленность его активности и выбор способов ее осуществления [6; 15, с. 15; 33]. Результаты отечественных и зарубежных исследований свидетельствуют о том, что субъектная позиция студентов в образовательном процессе связана с академической успеваемостью и вовлеченностью [34], уверенностью в профессиональном будущем и неприятием различных форм имитации обучения [32]. Применительно к будущим педагогам профессиональная субъектность влияет на успешность освоения профессиональных компетенций [3], стремление к дальнейшему развитию в избранной сфере деятельности [35], устойчивость профессиональных намерений и удовлетворенность сделанным выбором [36]. Тем самым профессиональная субъектность выступает фактором продуктивности текущей учебно-профессиональной деятельности и условием дальнейшего личностно-профессионального развития будущего педагога, что позволяет рассматривать ее как профессионально важное качество, целенаправленное развитие которого составляет одну из значимых задач педагогического образования.

Исходя из изложенного, профессиональную субъектность будущего педагога можно рассматривать как интегративное, профессионально важное личностное качество, задаваемое смысловыми ориентирами в отношении собственного образования и будущей педагогической профессии, обеспечивающее готовность и способность к осознанному самоуправлению учебно-профессиональной деятельностью, инициации и реализации ее преобразований, направленных на совершенствование самой деятельности и себя в ней.

Проведенный анализ сущностных характеристик профессиональной субъектности будущего педагога позволяет выделить следующие ее функции: активно-преобразующую, смыслообразующую, коммуникативную и регулятивную.

В качестве основной, непосредственно вытекающей из сущности субъектности и представления о субъекте как авторе и творце собственного жизненного пути выделяется активно-преобразующая функция, имеющая интегративный характер и включающая все прочие. Субъектность позволя-

ет будущему педагогу занимать авторскую позицию в учебно-профессиональной деятельности, выходить за пределы заданных способов ее осуществления, инициировать их преобразование и самосовершенствоваться в соответствии с собственными профессиональными целями [17; 37; 38].

Целеполагание и выбор направлений личностно-профессионального развития предполагают осмысление будущим педагогом образовательного процесса, себя как его субъекта, своих сильных и слабых сторон, профессиональных намерений, возникающих затруднений, собственных возможностей и возможностей образовательной среды. Осознание собственных образовательных потребностей и профессиональных дефицитов, в свою очередь, служит основанием для поиска способов их восполнения, формулирования образовательных запросов к вузу и освоения недостающих компетенций [1; 3]. Именно в процессе достижения целей, соответствующих потребностям и возможностям личности, происходит ее становление как субъекта деятельности [9]. Субъектность связывает учебную деятельность с перспективами профессионального будущего [32] и обеспечивает согласование замысла с его реализацией, трансформацию потенциальных возможностей в актуальные результаты [30], тем самым превращая желаемый образ себя как профессионала в смысловой ориентир настоящей деятельности. В этом и заключается смыслообразующая функция профессиональной субъектности будущего педагога. Проявляясь в ценностно-смысловой позиции в отношении педагогической профессии и учебно-профессиональной деятельности, она способствует принятию целей этой деятельности как личностно значимых, выстраиванию их иерархии и определению перспектив дальнейшего саморазвития.

В образовательном процессе будущий педагог конструирует личностные и профессиональные смыслы, проектирует желаемое будущее и осуществляет выбор значимых целей во взаимодействии с другими его участниками. От характера этого взаимодействия зависят сама возможность становления субъектности и ее динамика [30]. Отсюда вытекает необходимость рассмотрения следующей функции субъектности – коммуникативной, обеспечивающей выстраивание субъект-субъектных отношений. Необходимым условием таких отношений, по мнению М. Н. Кожевниковой, является осознание педагогом собственной субъектности, без которого он не способен признать и постичь ученика как субъекта. При этом, воспринимая себя как субъекта, он транслирует соответствующую модель поведения своим ученикам [39, с. 115–117]. Следовательно, субъектность определяет готовность педагога к диалогическому взаимодействию и проявляется на межличностном уровне в выборе эффективных стратегий общения с другими субъектами образовательного процесса, а на внутриличностном – в позитивном отношении к себе как к субъекту учебно-профессиональной и будущей педагогической деятельности.

В свою очередь, самоотношение выполняет функции саморегуляции и самоконтроля деятельности. Так, согласно А. М. Колышко и К. В. Карпинскому, отношение человека к себе как к субъекту профессии обеспечивает осознанную саморегуляцию профессиональной деятельности и карьеры, делового общения и организационного поведения [40]. О регуляторной роли самоотношения и самооценки студентов в процессе саморегуляции учебной деятельности свидетельствуют результаты ряда эмпирических исследований, в которых установлена их взаимосвязь с целеполаганием, планированием, мониторингом и контролем, оценкой достигнутых результатов и др. [41–43].

Приведенные положения раскрывают связь внутриличностного аспекта коммуникативной функции с регулятивной, обеспечивающей согласование личных потребностей и возможностей субъекта с нормами профессии, задачами и условиями деятельности [27, с. 62]. Именно опосредованность деятельности регуляторной активностью, как отмечает О. А. Конопкин, обеспечивает адекватное целям и условиям построение, программирование и эффективное осуществление этой деятельности путем ее сознательного контроля и необходимой коррекции [24]. Это позволяет предположить, что субъектность, обеспечивая осознанную регуляцию учебно-профессиональной деятельности, способствует повышению ее эффективности и, как следствие, достижению более высоких результатов профессиональной подготовки будущего педагога.

Выделенные функции профессиональной субъектности характеризуют ее роль в личностно-профессиональном развитии будущего педагога и осуществлении им учебно-профессиональной деятельности и служат основанием для определения ее структуры и компонентов, обеспечивающих реализацию этих функций.

Смыслообразующая функция позволяет обнаружить в структуре профессиональной субъектности будущего педагога мотивационно-смысловой компонент. Его содержание образуют профессиональные потребности и интересы, мотивы учебной

деятельности, ценностные ориентации и личностные смыслы, лежащие в основе профессионально-педагогической направленности будущего педагога. Характер этой направленности влияет на результаты обучения и во многом определяет активность по проектированию будущей педагогической деятельности [44]. В. А. Сластенин рассматривает мотивационно-ценностный блок как системообразующий в структуре субъектности студента, поскольку он не только отражает иерархию личностных мотивов, смыслов и ценностей, но и определяет особое отношение студента к различным видам жизнедеятельности, которое при высоком уровне субъектности «вербализуется как „Я – будущий профессионал“» [19, с. 24].

Отношение к себе как к деятелю, то есть переживание себя источником и инициатором преобразований, согласно Е. Н. Волковой, лежит в основе субъектности как способности производить взаимообусловленные изменения в мире, других людях и самом себе [45]. Применительно к педагогам это отношение предполагает признание субъектности другого человека, которое, как было отмечено ранее, выступает необходимым условием выстраивания подлинно диалогического взаимодействия. Система отношений будущего педагога к себе, другим людям и окружающему миру, проявляющаяся в восприятии себя как источника преобразований, отношении к преподавателям и студентам как субъектам взаимодействия и к вузу как источнику образовательных возможностей и пространству профессионального становления, образует содержание перцептивно-отношенческого компонента, выполняющего коммуникативную функцию субъектности.

За реализацию регулятивной функции в структуре профессиональной субъектности отвечает рефлексивно-регулятивный компонент, обеспечивающий способность будущего педагога к самоуправлению и саморегуляции учебно-профессиональной деятельности. Процессы самоуправления и саморегуляции представляют собой две стороны активности личности. Самоуправление обеспечивает управление собственной активностью (деятельностью, поведением, общением и переживаниями), самостоятельную постановку целей, поиск решений и средств их достижения, а функция саморегуляции состоит в закреплении того, что приобретено в процессе самоуправления [46]. В учебно-профессиональной деятельности способность к самоуправлению и саморегуляции позволяет будущему педагогу ставить цели личностно-профессионального развития, определять пути и способы продвижения к ним, корректировать собственные действия в процессе реализации намеченного и принимать ответственность за собственные решения и результаты деятельности. В основе этих процессов лежит рефлексия, которая присутствует в формировании всех компонентов психологической функциональной системы деятельности: целей, внутренних и внешних средств и условий, процессов принятия решений, плана и хода действий, промежуточных и итоговых результатов [47]. По мнению В. Д. Шадрикова, рефлексия определяет успешность деятельности, а на основе ее регулярного использования формируется личностное качество – рефлексивность [48, с. 122]. В процессе педагогического образования на базе общей рефлексивности развивается педагогическая рефлексивность, которая лежит в основе успешности педагогической деятельности, пронизывает все базовые педагогические компетенции и выступает условием и результатом их формирования [48, с. 183]. Таким образом, рефлексия как психический процесс может рассматриваться как механизм становления субъекта деятельности, в том числе профессионально-педагогической, а рефлексивность как психическое свойство, имеющее, согласно А. В. Карпову, индивидуальную меру выраженности, – как критерий сформированности способности к осмыслению актуальной ситуации и самоконтролю поведения, анализу уже выполненной деятельности, мотивов и причин совершенных действий, их результатов и допущенных ошибок, планированию предстоящей деятельности и прогнозированию ее вероятных исходов [49].

Выделенные мотивационно-смысловой, перцептивно-отношенческий и рефлексивно-регулятивный компоненты образуют внутренний план профессиональной субъектности – совокупность ценностно-смысловых, мотивационно-волевых образований и отношенческих качеств будущего педагога, определяющих его готовность и способность инициировать и осуществлять изменения в учебно-профессиональной деятельности. Во взаимодействии они обеспечивают реализацию активно-преобразующей функции профессиональной субъектности, непосредственно выражающейся в действиях и поступках будущего педагога, посредством которых учебно-профессиональная деятельность становится объектом целенаправленных преобразований, а в ходе их осуществления, согласно базовым положениям субъектно-деятельностного подхода [4, с. 70], преобразуется и сам субъект.

*Структурно-функциональная модель профессиональной субъектности будущего педагога*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Итак, профессиональная субъектность будущего педагога представляет собой целостное образование, сущность которого раскрывается в единстве выполняемых ею функций и взаимосвязанных, взаимообусловленных структурных компонентов, обеспечивающих их реализацию (рисунок).

Критериями сформированности профессиональной субъектности будущего педагога в соответствии с представленной моделью выступают интерес к педагогической профессии и стремление к ее освоению, устойчивость профессионального выбора, намерение работать и совершенствоваться в избранной сфере, готовность к профессионально-педагогическому саморазвитию; отношение к себе как к субъекту учебно-профессиональной деятельности, признание субъектности других участников образовательного процесса и готовность к выстраиванию с ними диалогического взаимодействия; способность к анализу процесса и результатов собственной деятельности; умения самостоятельно ставить цели, планировать, прогнозировать и организовывать учебно-профессиональную деятельность, принимать решения и нести за них ответственность. Эти критерии могут быть положены в основу операционализации рассматриваемого понятия и выделения показателей, поддающихся эмпирическому изучению. Поскольку профессиональная субъектность представляет собой объективную целостность, ее проявление и функционирование не могут быть обусловлены отдельными компонентами [30], что определяет необходимость изучения как динамики развития каждого из них, так и характера взаимосвязей между ними и согласованности их изменений.

Обзор современных исследований агентности, проведенный П. С. Сорокиным и Т. Д. Редько, показал, что ее эмпирическая оценка преимущественно осуществляется на основе изучения характеристик образовательной среды, особенностей ее восприятия и субъективного отношения к ней, а не непосредственных действий в этой среде. В связи с этим авторы указывают на необходимость разработки диагностических инструментов, позволяющих оценивать деятельностные проявления агентности [50].

В эмпирических исследованиях субъектности и агентности будущих педагогов их проявления в конкретных действиях также оцениваются сравнительно редко.

Одним из таких примеров является работа L. M. Brevik и соавт., в которой в качестве показателей рассматривались продукты учебной деятельности студентов в цифровой среде: ответы на задания онлайн-курса, публикации и комментарии на форуме [37]. В большинстве рассмотренных публикаций предметом диагностики выступают личностные качества, профессиональные намерения и субъективные представления обучающихся, для изучения которых используются методы, основанные на самоотчете. Количественная оценка осуществляется с использованием валидизированных психометрических инструментов и авторских опросников [18; 31; 36]. Качественная – посредством бесед [2], интервью [35] и анализа письменных рефлексивных материалов [38]. Понимание субъектности как способности инициировать и реализовывать изменения, направленные на совершенствование учебно-профессиональной деятельности, предполагает комплексный подход к ее диагностике, предусматривающий оценку как осознаваемых студентами готовности, способности и намерения действовать субъектно, так и наблюдаемых проявлений в реальных предметных действиях, выступающих интегративным результатом ее функционирования как целостной системы. Сказанное определяет необходимость дальнейшего поиска интерпретируемых поведенческих индикаторов, позволяющих судить об уровне развития этого профессионально важного качества будущего педагога.

## Заключение

Проведенное исследование позволило представить профессиональную субъектность будущего педагога как целостную систему взаимосвязанных личностных качеств, отношений и способов деятельности, развивающихся и проявляющихся в учебно-профессиональной деятельности и определяющих ее результативность.

Функционирование этой системы обеспечивается мотивационно-смысловым, перцептивно-отношенческим и рефлексивно-регулятивным компонентами, согласованное взаимодействие которых способствует осмыслению будущим педагогом образовательного процесса и себя как его субъекта, определению направлений личностно-профессионального развития, выстраиванию субъект-субъектных отношений, регуляции учебно-профессиональной деятельности и инициированию ее преобразований.

Выделенные функции, структурные компоненты и критерии их сформированности создают теоретическую основу для дальнейшего изучения профессиональной субъектности будущего педагога, определения оптимальных путей ее развития, выявления соответствующих педагогических условий и механизмов. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются эмпирическое изучение профессиональной субъектности будущих педагогов на различных этапах профессиональной подготовки, анализ динамики ее развития, а также разработка моделей сопровождения этого процесса в системе высшего педагогического образования.

## Список литературы

1. Булин-Соколова Е. И., Обухов А. С., Семенов А. Л. Будущее педагогическое образование. Направление движения и первые практические шаги // Психологическая наука и образование. 2014. Т. 19. № 3. С. 207–226. URL: https://psyjournals.ru/journals/pse/archive/2014_n3/71634 (дата обращения: 10.06.2026). EDN: SWMCRX.

2. Семенова Е. В. Профессиональная субъектность будущего учителя как цель и средство высшего педагогического образования // Перспективы науки. 2023. № 10 (169). С. 195–197. URL: https://moofrnk.com/assets/files/journals/science-prospects/169/science-prospect-10(169)-main.pdf (дата обращения: 10.06.2026). EDN: DSNISI.

3. Toom A., Pyhältö K., Pietarinen J., Soini T. Professional Agency for Learning as a Key for Developing Teachers' Competencies? // Education Sciences. 2021. Vol. 11. Is. 7. P. 324. URL: https://www.mdpi.com/2227-7102/11/7/324 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.3390/educsci11070324.

4. Сергиенко Е. А., Знаков В. В., Харламенкова Н. Е. Индивидуальный субъект в психологии // Разработка понятий современной психологии / Отв. ред. Е. А. Сергиенко, А. Л. Журавлев. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». 2018. С. 63–115. URL: https://lib.ipran.ru/paper/35642213 (дата обращения: 26.06.2026). EDN: XZZDIT. ISBN 978-5-9270-0376-1.

5. Шадриков В. Д. Системогенез ментальных качеств человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2022. 287 с. URL: https://psyrus.ru/library/pdf/sistemoginez_2022.pdf (дата обращения: 26.06.2026). DOI: 10.38098/mng_22_0448. ISBN 978-5-9270-0448-5.

6. Селиверстова Е. Н. Понятийная система отечественной дидактики в фокусе субъектной ориентации современного обучения // Педагогика и просвещение. 2021. № 4. С. 15–27. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=37079 (дата обращения: 12.06.2026). DOI: 10.7256/2454-0676.2021.4.37079.

7. Волкова Е. Н. Структура субъектности современного педагога // Мир психологии. 2023. № 2 (113). С. 52–60. URL: https://mpsuinfo.ru/articles/246/the-structure-of-the-agency-of-a-modern-teacher (дата обращения: 12.06.2026). DOI: 10.51944/20738528_2023_2_52.

8. Деркач А. А. Профессиональная субъектность как психолого-акмеологический феномен // Акмеология. 2015. № 4 (56). С. 9–21. URL: https://narodnoe.org/journals/akmeologiya/2015-4/professionalnaya-subektnost-kak-psihologo--akmeologicheskiiy-fenomen-prodoljenie-nachalo-sm-v--2-54-2015 (дата обращения: 10.07.2026).

9. Мироненко И. А. Психологические исследования в полидисциплинарном дискурсе агентности: проблемы и перспективы // Вопросы образования. 2024. № 1. С. 162–184. URL: https://vo.hse.ru/article/view/16476 (дата обращения: 26.06.2026). DOI: 10.17323/vo-2024-16476.

10. Осницкий А. К. Проблемы исследования субъектной активности // Вопросы психологии. 1996. № 1. С. 5–19. URL: http://www.voppsy.ru/issues/1996/961/961005.htm (дата обращения: 26.06.2026). EDN: SVZNEU.

11. Cathcart S., Priestley M., Priestley A., Rushton E. A. C. Unravelling agency: A critical review of conceptualisations of agency for educational research, policy and practice // Review of Education. 2026. Vol. 14. Is. 1: e70131. URL: https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rev3.70131 (дата обращения: 27.06.2026). DOI: 10.1002/rev3.70131.

12. Cavazzoni F., Fiorini A., Veronese G. How Do We Assess How Agentic We Are? A Literature Review of Existing Instruments to Evaluate and Measure Individuals' Agency // Social Indicators Research. 2022. Vol. 159. Is. 3. P. 1125–1153. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-021-02791-8 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1007/s11205-021-02791-8.

13. Deschênes M., Parent S. Methodology to Study Teacher Agency: A Systematic Review of the Literature // European Journal of Educational Research. 2022. Vol. 11. Is. 4. P. 2459–2476. URL: https://www.eu-jer.com/methodology-to-study-teacher-agency-a-systematic-review-of-the-literature (дата обращения: 24.07.2026). DOI: 10.12973/eu-jer.11.4.2459.

14. Кузнецова А. Г. Генезис системного подхода в советской педагогике. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2023. 180 с. [Электронный ресурс]. URL: https://togudv.ru/media/filer_public/a0/36/a036e5f9-fc11-47e7-b09d-98eaa875f529/kuznecova_23082023.pdf (дата обращения: 12.06.2026). EDN: HRNUBC. ISBN 978-5-7389-3793-4.

15. Борытко Н. М., Мацкайлова О. А. Становление субъектной позиции учащегося в гуманитарном пространстве урока / Науч. ред. Н. К. Сергеев. Волгоград: Изд-во ВГИПКРО, 2002. 132 с. [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25947616 (дата обращения: 12.06.2026). EDN: VVVCMH. ISBN 5-7087-0087-4.

16. Глебов А. А. Содержание и логика познания сущности личностного качества // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2010. № 4 (48). С. 8–13. URL: https://sciup.org/148164289 (дата обращения: 12.06.2026). EDN: MTHKER.

17. Будникова С. П. Анализ компонентов структуры профессиональной субъектности будущих педагогов // Педагогика и психология образования. 2018. № 4. С. 191–202. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36776714 (дата обращения: 12.06.2026). EDN: YTVNJZ.

18. Heikonen L., Pietarinen J., Toom A., Soini T., Pyhältö K. The Development of Student Teachers' Sense of Professional Agency in the Classroom During Teacher Education // Learning: Research and Practice. 2020. Vol. 6. Is. 2. P. 114–136. URL: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23735082.2020.1725603 (дата обращения: 12.06.2026). DOI: 10.1080/23735082.2020.1725603.

19. Сластенин В. А. Субъектно-деятельностный подход в общем и профессиональном образовании // Сибирский педагогический журнал. 2006. № 5. С. 17–30. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18229216 (дата обращения: 26.06.2026). EDN: PIXQYX.

20. Bandura A. Toward a Psychology of Human Agency // Perspectives on Psychological Science. 2006. Vol. 1. Is. 2. P. 164–180. URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x (дата обращения: 05.07.2026). DOI: 10.1111/j.1745-6916.2006.00011.x.

21. Emirbayer M., Mische A. What Is Agency? // American Journal of Sociology. 1998. Vol. 103. Is. 4. P. 962–1023. URL: https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/231294 (дата обращения: 05.07.2026). DOI: 10.1086/231294.

22. Aspbury-Miyanishi E. The Affordances Beyond What One Does: Reconceptualizing Teacher Agency with Heidegger and Ecological Psychology // Teaching and Teacher Education. 2022. Vol. 113: 103662. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0742051X22000336 (дата обращения: 05.07.2026). DOI: 10.1016/j.tate.2022.103662.

23. Priestley M., Biesta G., Robinson S. Teacher Agency: An Ecological Approach. 2nd ed. London: Bloomsbury Academic. 2026. 208 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.bloomsbury.com/uk/teacher-agency-9781350536357/ (дата обращения: 05.07.2026). DOI: 10.5040/9781350536371. ISBN 978-1-3505-3635-7.

24. Конопкин О. А. Осознанная саморегуляция как критерий субъектности // Вопросы психологии. 2008. № 3. С. 22–34. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15318369 (дата обращения: 15.07.2026). EDN: MXFNCJ.

25. Щукина М. А. Психология саморазвития личности. СПб.: СПбГУ, 2015. 348 с. [Электронный ресурс]. URL: https://znanium.ru/catalog/product/941690 (дата обращения: 16.07.2026). ISBN 978-5-288-05622-2.

26. Мухаметзянова Ф. Г., Мустафина З. Г., Вафина В. Р. Субъектность студента негосударственного вуза. Казань: ЧОУ ВО «Академия социального образования». 2013. 174 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23932769 (дата обращения: 17.07.2026). EDN: UDSTBD. ISBN 978-5-98259-041-1.

27. Сыромятников И. В., Ожерельева И. Г., Репин Э. В. Профессионализм, субъективность и самоопределение специалиста: концептуальные подходы к определению и развитию. М.: Издательство Современного гуманитарного университета, 2009. 208 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22269211 (дата обращения: 10.07.2026). EDN: STIGFD. ISBN 978-5-8323-0639-1.

28. Деркач А. А. Профессиональная субъектность как психолого-акмеологический феномен // Акмеология. 2016. № 1 (57). С. 8–13. URL: https://narodnoe.org/journals/akmeologiya/2016-1/professionalnaya-subektnost-kak-psihologo--akmeologicheskiiy-fenomen-prodoljenie (дата обращения: 10.07.2026). EDN: VTNLOB.

29. Erss M., Loogma K., Jõgi A.-L. The effect of teacher agency support, students' personal perseverance and work experience on student agency in secondary schools with Estonian and Russian instructional language // Cogent Education. 2024. Vol. 11. Is. 1: 2314515. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2024.2314515 (дата обращения: 18.07.2026). DOI: 10.1080/2331186X.2024.2314515.

30. Ольховая Т. А. Субъектность студента как ориентир современного университетского образования // Мир науки. Педагогика и психология. 2024. Т. 12. № 6. URL: https://mir-nauki.com/PDF/108PDMN624.pdf (дата обращения: 18.07.2026). EDN: RUEJQI.

31. Горынина В. С., Юсупов И. М. Развитие субъектности будущих педагогов в процессе профессиональной подготовки // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2020. Т. 17. № 1 (45). С. 37–48. URL: https://vestnik-pp.samgtu.ru/1991-8569/article/view/52359 (дата обращения: 20.07.2026). DOI: 10.17673/vsgtu-pps.2020.1.3.

32. Емельянова И. Н., Теплякова О. А., Тепляков Д. О. Субъектная позиция студента как условие успешности профессионального обучения // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 5. С. 9–30. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/4976 (дата обращения: 21.07.2026). DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-5-9-30.

33. Алексеенко И. Н. Динамика становления профессиональной субъектности будущего педагога в культурно-образовательном пространстве // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. 2017. № 2 (194). С. 4–8. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29660523 (дата обращения: 21.07.2026). EDN: YZBPDL.

34. Torres Castro U. E., Pineda-Baéz C. Student Agency in Colombian Higher Education: A Dual-Pathway Model of Mediation and Moderation Between Student Engagement and Academic Achievement // Higher Education. 2026. [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10734-026-01669-3 (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.1007/s10734-026-01669-3.

35. Fosse B. O. Revealing Student Teachers' Sense of Professional Agency in Their Teaching Practice // Scandinavian Journal of Educational Research. 2024. Vol. 68. Is. 5.

P. 890–903. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00313831.2023.2196533 (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.1080/00313831.2023.2196533.

36. Leijen Ä., Pedaste M., Baucal A. Assessing Student Teachers' Agency and Using It for Predicting Commitment to Teaching // European Journal of Teacher Education. 2022. Vol. 45. Is. 5. P. 600–616. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02619768.2021.1889507 (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.1080/02619768.2021.1889507.

37. Brevik L. M., Gudmundsdottir G. B., Lund A., Strømme T. A. Transformative Agency in Teacher Education: Fostering Professional Digital Competence // Teaching and Teacher Education. 2019. Vol. 86: 102875. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X18314100 (дата обращения: 23.07.2026). DOI: 10.1016/j.tate.2019.07.005.

38. Chang S. Developing Preservice Bilingual Teachers' Transformative Agency // Teaching and Teacher Education. 2024. Vol. 137: 104405. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X23003931 (дата обращения: 23.07.2026). DOI: 10.1016/j.tate.2023.104405.

39. Кожевникова М. Н. Творческий автономный рефлексивный учитель: образование учителя для современного мира. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. 296 с. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.hspu.org/upload/medialibrary/e28/Kozhevnikova-M.N.-Tvorcheskiy-avtonomnyy-refleksivnyy-uchitel.-Obrazovanie-uchitelya-dlya-sovremennogo-mira.pdf (дата обращения: 28.07.2026). EDN: MMCKYF. ISBN 978-5-8064-3026-8.

40. Колышко А. М., Карпинский К. В. Концепция и опросник профессионального самоотношения: новые эмпирические и психометрические результаты // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 3. Филология. Педагогика. Психология. 2022. Т. 12. № 3. С. 150–165. URL: https://elib.grsu.by/doc/87230 (дата обращения: 29.07.2026). EDN: SCYZZV.

41. Крылова Н. Н. Взаимосвязь самоотношения с саморегуляцией и социально-психологическими характеристиками на этапе адаптации студента-медика к образовательной среде вуза // Гуманитарные исследования. Педагогика и психология. 2024. № 18. С. 109–117. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67975423 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.24412/2712-827X-2024-18-109-117.

42. Черкевич Е. А. Взаимосвязь самоотношения и саморегуляции личности студентов вуза с разным уровнем копинг-стратегий поведения // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2022. № 1 (58). С. 38–51. URL: https://journal.tversu.ru/index.php/psychology/article/view/1609 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.26456/vtpsyped/2022.1.038.

43. Opelt F., Schwinger M. Relationships Between Narrow Personality Traits and Self-Regulated Learning Strategies: Exploring the Role of Mindfulness, Contingent Self-Esteem, and Self-Control // AERA Open. 2020. Vol. 6. Is. 3. P. 1–15. URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2332858420949499 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.1177/2332858420949499.

44. Веретенникова В. Б., Шихова О. Ф., Телегина Н. В. О профессиональной направленности личности студентов – будущих педагогов // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=31267 (дата обращения: 01.08.2026). DOI: 10.17513/spno.31267.

45. Волкова Е. Н. Психологическое благополучие и структура субъектности учителя // Вестник Мининского университета. 2024. Т. 12. № 2. С. 9. URL: https://www.minin-vestnik.ru/jour/article/view/1570 (дата обращения: 01.08.2026). DOI: 10.26795/2307-1281-2024-12-2-9.

46. Мухаметзянова Н. В., Сабитова Л. Б. Способность к рефлексивному самоуправлению в педагогической деятельности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=12942 (дата обращения: 17.07.2026). EDN: SBWGCP.

47. Белолуцкая А. К., Криштофик И. С., Мкртчян В. А. Особенности профессиональной рефлексии участников олимпиады «Я – профессионал» // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 1. С. 98–119. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3279 (дата обращения: 03.08.2026). DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-1-98-119.

48. Шадриков В. Д. Качество педагогического образования. М.: Логос, 2012. 200 с. [Электронный ресурс]. URL: https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/huwf8h3vle/60445668.pdf (дата обращения: 06.08.2026). EDN: RBBWHB. ISBN 978-5-98704-635-7.

49. Карпов А. В. Рефлексивность как психическое свойство и методика ее диагностики // Психологический журнал. 2003. Т. 24. № 5. С. 45–57. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17315991 (дата обращения: 03.08.2026). EDN: OOYBSN.

50. Сорокин П. С., Редько Т. Д. Современные исследования агентности в сфере образования: систематизация ключевых понятий и разработок // Вопросы образования. 2024. № 1. С. 236–264. URL: https://vo.hse.ru/article/view/18131 (дата обращения: 04.08.2026). DOI: 10.17323/vo-2024-18131.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 372.851
DOI

CC BY 4.0

# ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ СКВОЗНЫХ КОНТЕКСТНЫХ ЗАДАЧ МЕЖПРЕДМЕТНОГО ХАРАКТЕРА

**Митрохина С. В. ORCID ID 0000-0003-1125-5087,**
**Барышникова С. В. ORCID ID 0009-0003-4517-7205**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого», Тула, Российская Федерация, e-mail: svetamitr@yandex.ru*

В статье рассматривается проблема организации исследовательской деятельности обучающихся в процессе изучения математики с помощью сквозных контекстных задач межпредметного характера. В контексте реализации ФГОС среднего общего образования исследовательские умения относятся к метапредметным образовательным результатам, которыми необходимо овладеть обучающимся. Цель настоящей статьи – описать содержание понятия «сквозная контекстная задача межпредметного характера», выявить его эвристический потенциал применительно к организации исследовательской деятельности старшеклассников по математике. В ходе исследования применялись следующие методы: теоретический анализ психолого-педагогической литературы по проблеме исследовательской деятельности обучающихся; понятийно-категориальный анализ; систематизация и классификация; сравнительный анализ нормативной базы школьного математического образования; контент-анализ ответов открытого формата; описательная статистическая обработка количественных данных диагностического обследования. Систематическая работа со сквозными контекстными задачами межпредметного характера рассматривается как методический инструмент актуализации исследовательской деятельности старшеклассников при изучении математики. Эмпирическое обследование обучающихся выпускных классов выявляет парадокс: устойчивый познавательный интерес присутствует у двух третей опрошенных, тогда как доля систематически участвующих в исследовательской работе существенно ниже. Предложена типология сквозных задач, основанная на трех критериях: предметная ось, временная ось, коммуникативная ось. Выделены педагогические условия, обеспечивающие переход обучающихся от ситуативной любознательности к субъектной исследовательской позиции. Предложенный инструмент способствует вовлечению старшеклассников в исследовательскую деятельность, что обусловлено тематикой используемого контента.

**Ключевые слова: исследовательская деятельность, сквозная контекстная задача, межпредметные связи, обучение математике, обучающийся, общеобразовательная школа**

# ORGANIZATION OF STUDENTS' RESEARCH ACTIVITY IN MATHEMATICS ON THE BASIS OF CROSS-CUTTING CONTEXTUAL INTERDISCIPLINARY TASKS

**Mitrokhina S. V. ORCID ID 0000-0003-1125-5087,**
**Baryshnikova S. V. ORCID ID 0009-0003-4517-7205**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tula State Pedagogical University named after L. N. Tolstoy", Tula, Russian Federation, e-mail: svetamitr@yandex.ru*

The article discusses the problem of organizing students' research activities in the process of studying mathematics using cross-cutting contextual interdisciplinary tasks. In the context of the implementation of the FSES of Secondary General Education, research skills refer to the meta-subject educational results that students need to master. The purpose of this article is to describe the content of the concept of a "cross–cutting contextual interdisciplinary task", to identify its heuristic potential in relation to the organization of research activities of high school students in mathematics. The following methods were used in the course of the study: theoretical analysis of psychological and pedagogical literature on the problem of students' research activities; conceptual and categorical analysis; systematization and classification; comparative analysis of the normative base of school mathematics education; content analysis of open-format responses; descriptive statistical processing of quantitative diagnostic examination data. Systematic work with cross-cutting contextual interdisciplinary tasks is considered as a methodological tool for updating the research activities of high school students in the study of mathematics. An empirical survey of graduate students reveals a paradox: two thirds of the respondents have a stable cognitive interest, while the proportion of those systematically involved in research work is significantly lower. A typology of cross-cutting tasks based on three criteria is proposed: the subject axis, the time axis, and the communicative axis. The pedagogical conditions that ensure the students' transition from situational curiosity to a subjective research position are highlighted. The proposed tool helps engage high school students in research activities, which is due to the subject matter of the content used.

**Keywords: research activity, cross-cutting contextual task, interdisciplinary connections, mathematics teaching, student, general education school**

## Введение

Установка ФГОС среднего общего образования на достижение метапредметных результатов – это не декларация, а отчетливо сформулированное требование к учебному процессу. Между тем за полтора десятилетия применения стандарта в массовой практике школьного обучения математике дисциплинарное членение сохраняется едва ли не в довоенной редакции: алгебра отдельно, геометрия отдельно, физика – где-то рядом. Несмотря на теоретическую разработанность метапредметного подхода (Ю. В. Громыко, А. В. Хуторской) в качестве инструмента, объединяющего знания из разных предметных областей и овладения метапредметной деятельностью [1], его реализация в образовательной практике обучения математике остается ограниченной. Среди основных препятствий его использования выделяются: недостаточная компетентность учителей, рассинхронность изучения основных понятий, отсутствие единого методического подхода [2].

Сложилась двойная коллизия. С одной стороны – нарастающий запрос на формирование у выпускника средней школы исследовательской компетенции как ключевого метапредметного результата; с другой – операциональный дефицит: отсутствие в учительской практике массово воспроизводимых форматов задач, способных удерживать внимание ученика дольше одного урока и связывать математический аппарат с прикладными контекстами. Концепция контекстного обучения, основы которой заложены в работах А. А. Вербицкого [3], предлагает вариант преодоления этого противоречия с помощью контекстных задач, в условии которых описаны жизненные ситуации [4, 5]. По В. А. Далингеру, контекстные задачи можно разделить на предметные, межпредметные и практические. Сквозные задачи, в свою очередь, представляют совокупность исследовательских задач, логически связанных между собой. Сквозные задачи объединяют контекстные задачи системой вопросов, охватывая при этом все математические модели, необходимые для решения представленной проблемы [6, 7]. Несмотря на эффективность этого подхода, системы таких задач отсутствуют в действующем курсе математики и представлены в научной литературе только в виде специальных исследований ученых, затрагивающих отдельные разделы математики [7–9].

Параллельно возрастает интерес к проектным и исследовательским методам обучения, которые позволяют обучающимся овладеть умениями исследовательской деятельности и обеспечивают достижение планируемых метапредметных результатов [10–12]. Исследовательская деятельность рассматривается авторами в рамках учебно-познавательной деятельности обучающихся, ориентированной на овладение методами сбора и анализа информации, формирование умений постановки проблемы, выдвижения гипотезы, построения алгоритмов решения [13, 14]. Интеграция исследовательской деятельности в процесс изучения математики отвечает социокультурным запросам и готовит обучающихся к овладению методами проектирования и анализа, принятию решений в условиях неопределенности и решению задач в системе «человек – природа – техника». Математика через сквозные контекстные задачи выступает инструментом для решения реальных жизненных задач.

**Цель исследования** – описать содержание понятия «сквозная контекстная задача межпредметного характера», выявить его эвристический потенциал применительно к организации исследовательской деятельности старшеклассников по математике. Научная новизна заключается в обосновании трехкритериальной типологии сквозных задач и в выявлении педагогических условий их использования для вовлечения старшеклассников в исследовательскую деятельность.

## Материалы и методы исследования

Применены следующие методы: теоретический анализ психолого-педагогической литературы по проблеме исследовательской деятельности обучающихся; понятийно-категориальный анализ; систематизация и классификация; сравнительный анализ нормативной базы школьного математического образования; контент-анализ ответов открытого формата; описательная статистическая обработка количественных данных диагностического обследования. Обработка результатов выполнена в среде электронных таблиц без применения сложного статистического аппарата – локальная выборка не предполагает обобщения за пределы изучаемой совокупности.

Эмпирическую часть, представленную в статье, составили данные онлайн-анкетирования обучающихся 10–11-х классов государственного образовательного учреждения Тульской области «Яснополянский образовательный комплекс им. Л. Н. Толстого», проведенного 17–22 апреля 2026 г. Получено 33 валидных протокола; из них

учащиеся 10 класса – 18 чел., 11 класса – 15 чел. Возрастной диапазон: 16–18 лет. Анкета включала девять пунктов закрытого и полузакрытого типа, ориентированных на фиксацию уровня познавательной мотивации, степени включенности во внеурочную экспериментальную работу и характера запроса на сопровождение со стороны взрослых. Полученные данные являются предварительными, эмпирическое исследование продолжается среди обучающихся других образовательных учреждений, и его результаты будут представлены в следующих публикациях.

*Ограничения исследования.* Выборка локальна, однородна по образовательному учреждению и не претендует на репрезентативность относительно генеральной совокупности старшеклассников; выводы носят характер пилотной фиксации тенденций. Анкетирование самоотчетного типа не контролирует фактор социальной желательности – высокая доля положительных ответов на эмоционально окрашенные пункты, по всей видимости, завышена. Часть открытых ответов проинтерпретирована с допуском, что подростковая лексика «нравится – не нравится» соответствует устойчивым деятельностным предпочтениям.

## Результаты исследования и их обсуждение

Понятие сквозной контекстной задачи межпредметного характера трактуется в настоящей работе как учебно-исследовательская конструкция, обладающая четырьмя признаками: (а) опора на жизненно или профессионально достоверный контекст вне учебника; (б) сохранение единой содержательной линии на протяжении нескольких учебных эпизодов; (в) обязательное привлечение математического аппарата в сочетании со средствами хотя бы одного смежного предмета – физики, биологии, экономики, информатики, географии, истории; (г) принципиальная открытость: задача допускает разные пути решения и разные глубины проработки, не сводимые к однозначному ответу. Подобный набор признаков отличает сквозную задачу от привычной «задачи с практическим содержанием» – последняя, как правило, эпизодична, однопредметна и предполагает заранее известный ответ.

**Таблица 1**

Типология сквозных контекстных задач межпредметного характера

| Тип задачи | Предметная ось | Временная ось | Коммуникативная ось |
|---|---|---|---|
| Оптимизационно-экологический<br>Исследование зависимости изменения климата от размеров ледника (6 класс – изменение размеров ледника, 7 класс – построение графика зависимости,<br>9 класс – разработка математической инфографики по результатам исследования) | Математика + биология, география | с 6 по 11 класс | Малые группы 3–4 чел. |
| Эконометрически-исторический<br>Исследование рождаемости детей в регионе в 2000–2005 гг. (построение таблиц, построение графиков зависимостей количества образовательных учреждений, гипотезы на период до 2010 г.) | Математика + история, обществознание, информатика | с 5 по 11 класс<br>с 9 по 11 класс<br>с 8 по 11 класс | Индивидуальная, парная |
| Физико-математический модельный<br>Тактика игры в баскетбол: расчет и построение траекторий движения мяча | Математика + физика | с 7 по 11 класс | Парная |
| Демографически-статистический<br>Исследование численности населения своего региона за определенный период, выявление основных причин происходящих изменений | Математика, география, обществознание | с 6 по 11 класс<br>с 9 по 11 класс | Парная, групповая |
| Криптографический<br>Исследование зашифрованных сообщений | Математика + информатика, иностранный язык | с 8 по 11 класс | Индивидуальная, групповая |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Принципиально иначе устроена сквозная задача – ее отличие от иных форматов прикладной математической подготовки лежит в плоскости временной протяженности и цикличности. Задача возвращается к учащемуся вновь и вновь: на разном математическом аппарате, в разных формулировках вопросов, иногда с расширением контекста. Решая в 8-м классе вопрос о площади, пригодной для застройки, тот же обучающийся в 10-м классе возвращается к нему через язык дифференциальных моделей. Такая итеративность созвучна идеям контекстного обучения.

Использование различных типов контекстных задач в образовательном процессе позволяет вовлечь в исследовательскую деятельность большее число обучающихся, которая обеспечивается их личностными интересами и мотивационными установками.

Типология сквозных задач выстраивается по трем независимым основаниям: предметная ось (количество и состав привлекаемых дисциплин), временная ось (протяженность учебного цикла), коммуникативная ось (индивидуальная – парная – групповая работа). Их перекрестная конфигурация дает разные комбинации; в реальной практике значимы лишь некоторые из них. Базовые типы представлены в табл. 1.

Эмпирические данные диагностического обследования демонстрируют противоречие, которое, собственно, и мотивирует разработку обсуждаемого подхода. Желание заниматься исследовательской деятельностью («Испытываешь ли ты желание заниматься исследовательской деятельностью?») – в той или иной форме – высказали 60,6 % опрошенных (12 ответили «да, испытываю», 8 – «очень хотел бы»). Еще около трети – 30,3 % – отметили вариант «никогда не думал об этом»; категоричный отказ выбрали лишь 9,1 %. Контрастируют с этими цифрами показатели включенности («Какое участие ты принимаешь в экспериментальной деятельности вне уроков?»). Реального участия во внеурочной экспериментальной работе не показывают 48,5 % респондентов; около половины ограничивается посещением кружка художественного творчества или конструированием – деятельностями, лишь косвенно соотносимыми с естественно-научным или математическим исследованием.

Дополняет картину следующее наблюдение: 66,7 % опрошенных указывают, что часто (час-полтора подряд) занимаются какой-нибудь умственной работой; 57,6 % – что относятся к интересному умственному занятию «очень эмоционально». Это серьезный мотивационный ресурс. Между тем при столкновении с трудным вопросом «на сообразительность» лишь треть – 33,3 % – выбирают вариант «помучаюсь, но сам найду ответ»; большинство – 57,6 % – отвечают «когда как», что в контексте проективных методик интерпретируется скорее как индикатор стратегической неустойчивости, нежели гибкости. Структура ответов на отдельные вопросы представлена в табл. 2.

**Таблица 2**

Распределение ответов учащихся 10–11-х классов на ключевые пункты диагностической анкеты (n = 33)

| Индикатор | Вариант ответа | Доля, % |
|---|---|---|
| Желание заниматься исследовательской деятельностью | Да, испытываю / Очень хотел бы | 60,6 |
| | Никогда не думал об этом | 30,3 |
| | Не интересует | 9,1 |
| Преобладающий тип задаваемых вопросов | Почему так происходит? | 60,6 |
| | Интересно, как это сделали? | 18,2 |
| | Как он (оно, она) возник? | 18,2 |
| | Не люблю задавать вопросы | 3,0 |
| Поведение при трудном вопросе | Помучаюсь, но сам найду ответ | 33,3 |
| | Когда как | 57,6 |
| | Попрошу взрослых подсказать | 9,1 |
| Чтение дополнительной литературы | Много и постоянно | 24,2 |
| | Иногда много, иногда ничего | 63,6 |
| | Мало или совсем ничего | 12,2 |
| Запрос на поддержку взрослыми | Запрос есть (в одной из формулировок) | 78,8 |
| | Запроса нет | 21,2 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Содержательно значимая особенность ответов – преобладание каузальной направленности вопрошания: 60,6 % опрошенных назвали наиболее типичным для себя вопрос «Почему так происходит?». Это указывает на доминирование в подростковом интеллектуальном арсенале поисково-объяснительной установки – той самой, на которую опирается проектирование исследовательских задач. Высокая эмоциональная вовлеченность обучающихся, по всей видимости, не транслируется автоматически в систематическую работу с содержательным текстом исследовательской задачи.

Если опираться на нормативный контур, ФГОС среднего общего образования (в редакции приказа Минпросвещения России от 12 февраля 2025 г. № 93) в части метапредметных результатов прямо указывает на необходимость формирования у обучающегося «исследовательских действий», включающих умение выдвигать гипотезы, планировать наблюдение или эксперимент, обрабатывать и интерпретировать данные [15]. Профессиональный стандарт педагога фиксирует в составе трудовых функций учителя предметной области «Математика и информатика» владение методами организации исследовательской и проектной деятельности обучающихся. Формально требования сформулированы. Реальный методический инструментарий – фрагментарен.

Сквозная контекстная задача потенциально закрывает три из перечисленных дефицитов. Во-первых, она удерживает сюжетный контекст за пределами одного урока, что снижает риск потери осмысленности – каждая новая операция привязана не к абстрактной теме параграфа, а к продолжающейся истории. Во-вторых, цикличность задачи формирует у обучающегося опыт возвращения к ранее принятым решениям, их пересмотра и углубления – навык, методологически родственный реальной исследовательской работе [16–18].

Возникает принципиальный вопрос – как организовать переход от мотивационной готовности (которая, как показано выше, сравнительно высока) к устойчивому деятельностному включению. Ответ предполагает соблюдение ряда педагогических условий, выделенных авторами в ходе анализа и обобщения литературы [19–21], без которых сквозная задача рискует превратиться в очередную сюжетную обертку для обычных упражнений из задачника. Условия эти заключаются в следующем.

Во-первых, фиксация исследовательского запроса самим учеником, а не учителем. Задача стартует с провокационного вопроса, который инициирует столкновение с ограниченностью имеющегося математического аппарата. Прямая постановка темы извне разрушает исследовательскую модальность. Это положение в близкой формулировке встречается в работах по теории учебной деятельности применительно к старшему школьному возрасту – где неоднократно подчеркивается, что внешний дисциплинирующий контур учебной работы и внутренний исследовательский импульс обучающегося принадлежат к качественно различным типам познавательной активности.

Во-вторых, рассогласованность между подсказками учителя и темпом продвижения обучающегося. Поддержка должна быть избыточной по доступности и дефицитной по содержанию; обращение к взрослому за прямым ответом снижает исследовательскую позицию. Диагностические данные косвенно подтверждают значимость этого условия: 78,8 % опрошенных желают, чтобы взрослые поддерживали их исследовательскую активность, но лишь 9,1 % готовы напрямую просить подсказку. Это запрос на соприсутствие, не сводящийся к инструктированию.

В-третьих, межпредметная связка должна быть рабочей, а не декоративной. Случай, когда «биологический» сюжет служит лишь поводом для решения квадратного уравнения, не формирует исследовательской позиции – обучающийся ясно прочитывает условную природу контекста.

В-четвертых, обязательная фиксация промежуточных результатов в формате, отличном от привычного письменного решения, – составление таблицы, построение графика, создание инфографики, схематизация, устная защита перед малой группой. Многомодальность представления результата корреспондирует [12] с метапредметным характером самой задачи и фиксируется в современных методических разработках как условие развития исследовательских умений обучающихся.

В-пятых, регулярность. Эпизодическое предъявление сквозных задач – методическая мера, лишенная системного эффекта. Авторы с этой целью используют курс внеурочной деятельности.

Приведем пример одной такой задачи.

*В пригородной зоне расположен образовательный центр, включающий школу, учебную теплицу, спортивную площадку с вечерним освещением и лабораторию естественно-научного профиля. В рамках программы по развитию экологически ответственной инфраструктуры администрация центра планирует частично перейти на использование возобновляемых*

*источников энергии. Одним из рассматриваемых решений является установка малой ветроэнергетической установки.*

*По предварительным оценкам, ветроустановка сможет обеспечивать электроэнергией наружное освещение территории, работу части оборудования в лаборатории и системы автоматического полива теплицы. Однако перед началом реализации проекта необходимо определить технические параметры установки и оценить ее эффективность.*

*Инженерная компания предложила несколько вариантов ветроустановок, отличающихся радиусом ротора. Увеличение радиуса позволяет получать больше энергии от ветра, но одновременно приводит к росту стоимости оборудования, монтажных работ и последующего обслуживания. Кроме того, эффективность работы установки зависит от особенностей ветрового режима местности и условий размещения объекта.*

*Администрация образовательного центра поручила группе учащихся подготовить обоснование выбора ветроэнергетической установки. Для этого необходимо провести комплексное исследование и ответить на вопрос:*

*Какой радиус ротора ветроэнергетической установки следует выбрать для образовательного центра, чтобы проект был технически эффективным, экономически оправданным и соответствовал особенностям территории?*

*Для расчетов используйте следующие параметры: плотность воздуха $\rho = 1{,}23$ кг/м³, коэффициент полезного использования энергии ветра с учетом технических потерь $\eta = 0{,}35$. Стоимость электроэнергии – 6,5 руб. за 1 кВт·ч. Примерный срок работы установки – 10 лет, ежегодные расходы на обслуживание 4 % от первоначальной стоимости установки. Доля привлеченных финансов – 10 % в год.*

*Первоначальная стоимость установки рассчитывается по формуле*

$$C(r) = 400\,000 + 120\,000r^2,$$

*где r – радиус ротора ветроустановки в метрах.*

*10 класс. Как изменяется полезная мощность ветроэнергетической установки при увеличении радиуса ротора от 2 до 6 м, если скорость ветра принять равной 6 м/с?*

*Какой из предложенных вариантов радиуса ротора обеспечивает наиболее рациональное соотношение между стоимостью установки, годовой выработкой электроэнергии и чистым годовым денежным потоком?*

*Можно ли считать ветровой режим рассматриваемой территории устойчивым на основе среднемесячных данных о скорости ветра? Подтвердите вывод расчетом среднего значения, размаха и анализом сезонных колебаний.*

*Какая из предложенных площадок является наиболее подходящей для размещения ветроустановки с учетом скорости ветра, расстояния до жилой зоны, стоимости подключения и экологических ограничений?*

*11 класс. Какие параметры сильнее всего влияют на полезную мощность ветроустановки – радиус ротора или скорость ветра? Обоснуйте ответ на основе формулы мощности ветрового потока.*

*Почему расчет годовой выработки электроэнергии по среднемесячным значениям скорости ветра может быть точнее, чем расчет только по средней годовой скорости?*

*Какое сочетание «радиус ротора + площадка размещения» можно считать оптимальным, если одновременно учитывать физическую эффективность, экономическую окупаемость, статистику ветрового режима и географические ограничения?*

Иллюстрация частного случая. Десятиклассникам ставится вопрос об оптимальном радиусе ветроэнергетической установки при заданных параметрах скорости ветра, плотности воздуха и стоимости киловатт-часа. Первая итерация – физика (кинетическая энергия потока), вторая – экономика (дисконтированный денежный поток), третья – статистика, четвертая – географическая привязка. Решение не сводится к единственному. Обучающийся выбирает стратегию решения в зависимости от приоритетности критериев, и эта многокритериальность есть встроенный исследовательский ресурс задачи.

На первом этапе учащиеся рассматривают физическую основу работы ветроэнергетической установки. Мощность воздушного потока, проходящего через площадь вращения ротора, определяется по формуле:

$$P = 1/2(\rho \cdot S \cdot v^3),$$

где P – мощность ветрового потока, Вт; ρ – плотность воздуха, кг/м³; S – площадь круга, описываемого лопастями ротора; v – скорость ветра, м/с.

Площадь вращения ротора:

$$S = \pi r^2.$$

С учетом технических потерь полезная мощность установки определяется как

$$P_{\text{полезная}} = \eta \cdot P.$$

На втором этапе учащиеся переходят от физической модели к экономической. Необходимо определить, какой радиус ротора обеспечивает не только высокую выработку энергии, но и приемлемую окупаемость.

Годовая выработка электроэнергии рассчитывается по формуле

$$E = P_{полезная} (8760 / 1000),$$

где E – годовая выработка электроэнергии, кВт·ч; $P_{полезная}$ – полезная мощность установки, Вт; 8760 – количество часов в году. Годовой доход от произведенной электроэнергии: D = E·6,5. Ежегодные расходы на обслуживание составят

$$M = 0{,}04 \cdot C(r).$$

Чистый годовой денежный поток:

$$F = D - M.$$

Для оценки проекта за 10 лет используется дисконтированный денежный поток:

$$NPV = -C(r) + \frac{F}{1{,}1^1} + \frac{F}{1{,}1^2} + \frac{F}{1{,}1^3} + \ldots + \frac{F}{1{,}1^{10}}.$$

На третьем этапе учащимся предлагается уточнить модель, так как средняя скорость ветра не всегда достаточно точно отражает реальные условия. Для выбранной территории имеются данные о среднемесячной скорости ветра.

На заключительном этапе учащиеся рассматривают географические условия размещения ветроэнергетической установки.

Возражение о противоречии сквозной задачи пакетной структуре учебного материала смягчается двумя обстоятельствами. Современные программно-методические материалы допускают вариативную часть, в рамках которой задача и развертывается; обязательность индивидуального учебного проекта по ФГОС СОО для 10–11-х классов снимает формальный конфликт со структурой программы.

## Заключение

Зафиксированная в ходе диагностического обследования высокая декларируемая познавательная мотивация к исследовательской деятельности при минимальной деятельностной включенности свидетельствует о несоответствии способов организации исследовательской деятельности, выбранных учителями, образовательным потребностям старшеклассников.

Сквозная контекстная задача межпредметного характера задает новый вектор организации образовательного процесса. Задача удерживает сюжетный контекст на протяжении нескольких учебных эпизодов, требует привлечения математического аппарата в связке как минимум с одним смежным предметом и предполагает альтернативные пути решения. Предложенная трехкритериальная типология – по предметной оси, временно́й протяженности и коммуникативному формату работы – дает практикующему учителю проектировочный язык. Пять педагогических условий обозначают границы, без которых задача рискует деградировать в традиционное упражнение с расширенной фабулой. Мотивационная готовность старшеклассников служит важным фактором их вовлеченности в исследовательскую деятельность и обеспечивает возможность использования предложенного инструмента учителями в образовательном процессе.

## Список литературы

1. Хуторской А. В. Пять уровней метапредметности // Народное образование. 2017. № 8 (1464). С. 69–80. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pyat-urovney-metapredmetnosti (дата обращения: 14.08.2026). EDN: ZVMNVH.

2. Черемных Д. К. О реализации межпредметных связей в школьном обучении физике и математике // Московский педагогический журнал. 2025. № 2. С. 87–95. DOI: 10.18384/2949-4974-2025-2-87-95. EDN: POAYJB.

3. Вербицкий А. А. Теория и практика контекстного образования: Россия и США // Вестник Московского государственного гуманитарного университета им. М. А. Шолохова. Педагогика и психология. 2015. № 1. С. 5–14. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoriya-i-praktika-kontekstnogo-obrazovaniya-rossiya-i-ssha (дата обращения: 14.08.2026). EDN: TLGKVH.

4. Дербуш М. В. Контекстные задачи как средство формирования личностных результатов обучающихся при обучении математике (уровень основного общего образования) // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2024. Т. 13. № 2. С. 15–20. DOI: 10.24412/2225-8264-2024-2-757. EDN: IUQWRO.

5. Замкин П. В. Учебно-исследовательские задачи контекстного типа: алгоритмы разработки и решения // Осовские педагогические чтения «Образование в современном мире: новое время – новые решения». 2024. № 1. С. 201–204. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80379812_23070657.pdf (дата обращения: 23.08.2026). EDN: YURBNY.

6. Ковалева Г. И., Слета Ю. О. Сквозные задачи как средство обучения учащихся анализу условия математических задач // Вестник Государственного гуманитарно-технологического университета. 2021. № 3. С. 20–26. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46651718_88019082.pdf (дата обращения: 23.08.2026). EDN: NDCTDH.

7. Барышникова С. В., Митрохина С. В. Развитие у подростков функциональной математической грамотности средствами сквозных межпредметных задач // Ученые записки Орловского государственного университета. 2024. № 4 (105). С. 271–275. DOI: 10.33979/1998-2720-2024-105-4-271-275. EDN: FEXKMV.

8. Шутрова И. В. Формирование функциональной математической грамотности в процессе обучения математике на уровне основного общего образования посредством сквозных контекстных задач: автореф. дис. … канд. пед. наук. Архангельск, 2025. 26 с. [Электронный ресурс]. URL: https://elsu.ru/uploads/files/defences2022/350/1743167764_avtoreferat_shutrova-i.v_.pdf (дата обращения: 23.06.2026).

9. Ульянова И. В., Ейкина М. Г., Журавлева А. А. Применение контекстных задач в обучении учащихся решению уравнений с модулем // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 11. С. 214–219. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39846 (дата обращения: 23.08.2026). DOI: 10.17513/snt.39846.

10. Таранова М. В. Исследовательская деятельность как цель обучения математике в школе // Нижегородское образование. 2016. № 1. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25945400_52916390.pdf (дата обращения: 20.08.2026). EDN: VVTVRZ.

11. Тамашина Я. Н. Проектно-исследовательская деятельность старшеклассников: от метапредметности к межпредметному взаимодействию естественно-научного характера // Физика в школе. 2025. № S3. С. 158–163. DOI: 10.47639/0130-5522_2025_S3_158. EDN: CCJWZY.

12. Евстифеева Т. В., Стаценко А. И. Организация проектно-исследовательской деятельности в процессе обучения математике // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2025. Т. 9. № 2 (34). С. 265–274. DOI: 10.21603/2542-1840-2025-9-2-265-274. EDN: ORYWLR.

13. Галишева М. С., Зуев П. В. Учебно-исследовательская деятельность школьника: структурная модель и формулировка понятия // Педагогическое образование в России. 2019. № 6. С. 6–18. DOI: 10.26170/po19-06-01. EDN: GXOIKO.

14. Дворяткина С. Н., Жук Л. В. Организационно-методическое обеспечение развития исследовательской деятельности школьников в гибридной интеллектуальной образовательной среде // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 3 (120). С. 36–45. DOI: 10.20323/1813-145X-2021-3-120-36-45. EDN: WBDYQT.

15. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования: утв. приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413. [Электронный ресурс]. URL: https://www.kontur-extern.ru/info/normativ/document/1/501748-prikaz-minobrnauki-rf-ot-17-05-2012-n-413 (дата обращения: 23.08.2026).

16. Капкаева Л. С., Тагаева Е. А. Поисково-исследовательские задачи по математике как средство реализации преемственности обучения в школе и вузе // Мир науки. Педагогика и психология. 2019. Т. 7. № 6. 46PDMN619. URL: https://mir-nauki.com/46PDMN619.html (дата обращения: 18.08.2026).

17. Санина Е. И., Насикан И. В. Контекстные задачи по математике как средство развития функциональной грамотности обучающихся // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2019. № 1 (82). С. 308–310. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontekstnye-zadachi-po-matematike-kak-sredstvo-razvitiya-funktsionalnoy-gramotnosti-obuchayuschihsya (дата обращения: 07.08.2026).

18. Барышникова С. В. Методика составления сквозных межпредметных задач // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 4. С. 47. DOI: 10.17513/spno.34166. EDN: DQVTID.

19. Клещева И. В. Методика формирования учебно-исследовательской деятельности учащихся при изучении математики // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2014. № 79. С. 41–44. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-formirovaniya-uchebno-issledovatelskoy-deyatelnosti-uchaschihsya-pri-izuchenii-matematiki (дата обращения: 14.08.2026). EDN: SHQIAP.

20. Ложкина Е. М. Различные способы решения межпредметных задач на уроках математики в 9 классе // Современная система образования: опыт прошлого, взгляд в будущее. 2015. № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razlichnye-sposoby-resheniya-mezhpredmetnyh-zadach-na-urokah-matematiki-v-9-klasse (дата обращения: 14.08.2026).

21. Ермакова Е. В., Губанова Л. В., Каташинская Л. И. Исследовательские межпредметные проекты при формировании метапредметных результатов обучения школьников // Школьные технологии. 2019. № 3. С. 27–40. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatelskie-mezhpredmetnye-proekty-pri-formirovanii-metapredmetnyh-rezultatov-obucheniya-shkolnikov (дата обращения: 14.08.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 073-00098-26-02 от 17.02.2026, заключенного с Министерством просвещения Российской Федерации (тема «Поддержка научно-исследовательской и проектной деятельности студентов», государственное задание Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого).

**Financing:** The work is performed within the state assignment for the provision of public services (performance of works) No. 073-00098-26-02 dated 02/17/2026, concluded with the Ministry of Education of the Russian Federation (topic “Support for research and project activities of students”, state assignment of Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University).

УДК 378.147:372.8
DOI

CC BY 4.0

# ВЫБОР БАЗОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПАС-3D И NANOCAD

**Назарова Ж. А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: ZhNazarova2020@gmail.com*

В статье рассматривается проблема выбора отечественной системы автоматизированного проектирования для геометро-графической подготовки студентов технических вузов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода на российское программное обеспечение и отсутствием комплексного педагогического анализа платформ КОМПАС-3D и nanoCAD. Материалом послужили учебные версии КОМПАС-3D (v24) и nanoCAD (v22). Цель работы – обоснование выбора системы автоматизированного проектирования, в наибольшей степени соответствующей выделяемым критериям (когнитивная нагрузка, интуитивность, эргономика, методическое обеспечение). Исследование выполнено в формате качественного экспертного анализа при создании чертежа вала (N = 1). Оценка систем проводилась по номинальной шкале «преимущество системы» применительно к каждому показателю проектирования. Предпочтение отдавалось платформе, обеспечивающей либо строгое соблюдение стандартов Единой системы конструкторской документации без дополнительных модулей, либо максимальную скорость черчения за счет клавиатурных сокращений. Методологической основой послужил комплекс общенаучных и эмпирических методов, включая сравнительный анализ. Статистическая обработка отсутствует ввиду качественной природы исследования. Выявлены ключевые различия в автоматизации оформления по Единой системе конструкторской документации (КОМПАС-3D) и гибкости работы с геометрией (nanoCAD). Установлено, что архитектура систем задает разные сценарии формирования профессиональных навыков у первокурсников. Практическая значимость заключается в предоставлении вузам рекомендаций для соответствия учебных программ федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования.

**Ключевые слова: вуз, геометро-графическая подготовка, КОМПАС-3D, nanoCAD, САПР**

# CHOOSING A BASIC COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM FOR STUDENTS' GEOMETRIC AND GRAPHIC TRAINING: A COMPARATIVE ANALYSIS OF KOMPAS-3D AND NANOCAD

**Nazarova Zh. A.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State University of Railway Transport", Yekaterinburg, Russian Federation, e-mail: ZhNazarova2020@gmail.com*

This article examines the problem of selecting a domestic computer-aided design system for geometric training of students at technical universities. The relevance of the study stems from the need to transition to Russian software and the lack of a comprehensive pedagogical analysis of the KOMPAS-3D and nanoCAD platforms. The educational versions of KOMPAS-3D (v24) and nanoCAD (v22) served as the study material. The objective of the study was to justify the selection of a computer-aided design system that best meets the identified criteria (cognitive load, intuitiveness, ergonomics, and methodological support). The study was conducted as a qualitative expert analysis during the creation of a shaft drawing (N = 1). The systems were evaluated using a nominal "system advantage" scale for each design indicator. Preference was given to a platform that either ensured strict compliance with the standards of the Unified System of Design Documentation without additional modules or maximized drawing speed through keyboard shortcuts. The methodological basis was a combination of general scientific and empirical methods, including comparative analysis. Statistical analysis was omitted due to the qualitative nature of the study. Key differences were identified in the automation of design documentation using the Unified System of Design Documentation (KOMPAS-3D) and the flexibility of working with geometry (nanoCAD). It was established that the system architectures dictate different scenarios for developing professional skills in first-year students. The practical significance lies in providing universities with recommendations for ensuring their curricula comply with federal state educational standards for higher education.

**Keywords: university, geometric and graphic training, KOMPAS-3D, nanoCAD, CAD**

## Введение

Исторически сложилось, что геометро-графическая подготовка является фундаментом инженерного образования, на основе которого формируются основы пространственного мышления и алгоритмы решения проектных задач. Но недавнее изменение доступности и условий использования зарубежного программного обеспечения потребовало пересмотра применяемых в учебном

процессе программных средств [1]. Смена программных инструментов – это не просто техническая проблема или поиск замены. Она создает педагогический риск снижения уровня пространственного мышления у студентов и требует пересмотра методик преподавания.

Актуальность исследования обусловлена несоответствием между потребностями вузов и существующим выбором систем автоматизированного проектирования (далее – САПР). Сравнительные обзоры отечественных САПР, таких как КОМПАС-3D [2] и nanoCAD [3], характеризуются практической направленностью и предназначены для профессиональных инженеров-практиков [4]. В основном встречаются сравнения функциональных возможностей для решения узкоспециализированных производственных задач. При этом не рассматривается педагогический аспект: отсутствует оценка этих систем как инструментов формирования первичных профессиональных навыков у обучающихся технических вузов. В самом начале обучения выбор САПР создает условия, влияющие на освоение первичных алгоритмов работы в интерфейсе. На этом этапе закладываются сценарии привычных действий – например, последовательность от эскиза к операции в КОМПАС-3D или прямое редактирование геометрии в nanoCAD, – которые при дальнейшем обучении могут перейти из сознательного контроля в автоматизированные навыки. Выбор неподходящей платформы может потребовать дополнительных временных затрат на адаптацию к интерфейсу.

Анализ научных публикаций подтверждает актуальность данной проблемы. Публикации в области геометро-графической подготовки можно условно объединить по нескольким направлениям. Одни исследователи, такие как И. Д. Столбова, уделяют особое внимание необходимости создания адаптивных методических систем, учитывающих высокую неоднородность начального уровня геометро-графической подготовки современных абитуриентов [5, 6]. Другие авторы описывают опыт автоматизации проверки графических заданий, что становится особенно актуальным при внедрении систем электронного обучения и увеличении доли самостоятельной работы студентов [7–9]. Ряд авторов отмечают важность психолого-педагогического сопровождения адаптации первокурсников к цифровому инструментарию [10–12]. С другой стороны, актуальна проблема готовности профессорско-преподавательского состава к переходу на отечественное программное обеспечение и необходимости массового повышения их квалификации [13–15]. Несмотря на растущий интерес к этим и смежным вопросам, комплексный сравнительный анализ САПР с учетом их влияния на формирование профессиональных компетенций, уровня когнитивной нагрузки и эргономики интерфейса до сих пор остается недостаточно изученным полем для научного поиска.

Научная новизна настоящего исследования заключается в смещении фокуса оценки с традиционных технических параметров (производительность системы, поддержка форматов) на многоаспектную методику анализа педагогической эффективности. Предлагается оценивать программные комплексы через призму когнитивной психологии, то есть оценивать уровень когнитивной нагрузки, которую интерфейс предъявляет студенту-первокурснику; прозрачность алгоритма действий при нулевом владении инструментом; а также потенциал встроенных средств автоматизации для формирования навыков работы по стандартам Единой системы конструкторской документации (далее – ЕСКД). Ключевым отличием предлагаемого подхода является смещение акцента с конечного продукта (чертежа или модели) на сам процесс проектирования. В рамках этого процесса детально анализируются логичность последовательности действий, прозрачность алгоритмов исправления ошибок и наличие встроенных инструментов целенаправленного развития пространственного мышления.

**Цель исследования** – обоснование выбора отечественной САПР для организации геометро-графической подготовки студентов первого курса на основе разработанной авторской методики оценки. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Провести исторический анализ эволюции пользовательских интерфейсов и философий проектирования отечественных САПР.

2. Определить критерии для комплексной оценки эргономических и дидактических свойств САПР применительно к специфике аудитории студентов-первокурсников, включая оценку кривой обучения, интуитивности команд и доступности методических материалов.

3. Выполнить сравнительный анализ платформ КОМПАС-3D и nanoCAD на примере решения типовой задачи инженерной графики (построение рабочего чертежа вала) с фиксацией качественных показателей.

4. Оценить долгосрочное влияние архитектурных особенностей каждой из систем (например, строгого дерева построения модели в КОМПАС-3D или гибкой пара-

метризации в nanoCAD) на формирование устойчивых профессиональных привычек будущего инженера.

5. Сформулировать рекомендации для профессорско-преподавательского состава технических вузов по выбору базовой САПР для учебного процесса, учитывающей специфику направления подготовки (машиностроение, строительство, архитектура).

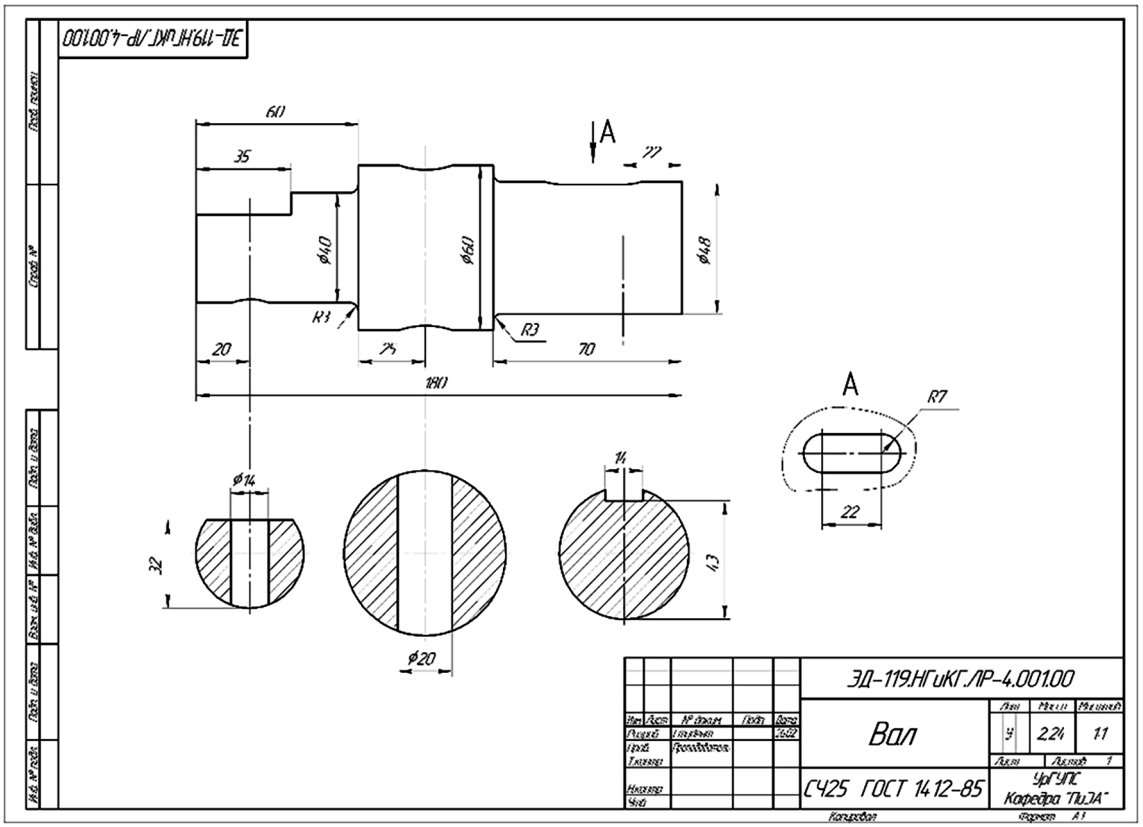
## Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования является синтез общенаучных методов познания (анализ, синтез, индукция, дедукция) и эмпирических подходов, включая педагогическое наблюдение, структурный анализ объема и формата учебно-методических ресурсов. Работа носит междисциплинарный характер, объединяя методы системного анализа программного обеспечения и педагогической диагностики.

Объектом исследования выступает процесс геометро-графической подготовки студентов первого курса технических направлений, а предметом – функциональные возможности, эргономические характеристики и дидактический потенциал отечественных САПР КОМПАС-3D (v24) и nanoCAD (v22). В качестве материалов использовались учебные версии, комплексное задание по созданию чертежа детали типа «вал» по ГОСТ ЕСКД (рисунок), нормативно-техническая документация и цифровые образовательные ресурсы (официальные порталы и базы видеоуроков).

## Результаты исследования и их обсуждение

Решение первой задачи позволило выявить различия в последовательности операций, организации интерфейса и способах построения модели. КОМПАС-3D, созданный компанией АСКОН, изначально развивался как система с приоритетом внутренней целостности документации для решения полного цикла конструкторско-технологической подготовки производства с соблюдением стандартов ЕСКД. Его главный принцип – работа с документами. Интерфейс системы построен так, чтобы последовательно вести пользователя по этапам создания конструкторской документации. Пользователь начинает работу не с пустого пространства, а с выбора типа файла («Чертеж», «Деталь»), в котором уже заданы нужные настройки оформления.




*Рабочий чертеж детали «Вал», выполненный в САПР КОМПАС-3D (V24)*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

В отличие от этого, nanoCAD, созданный компанией «Нанософт», позиционируется как открытая DWG-платформа – среда, изначально ориентированная на обеспечение заявленной поддержки формата файлов AutoCAD (.dwg). В основе nanoCAD лежит приоритет прямого доступа к элементам чертежа: доступны прямое редактирование геометрии, работа со слоями, блоками и командной строкой. NanoCAD предоставляет пользователю прямой доступ к элементам геометрии через командную строку и слои, что позволяет гибко менять последовательность построения чертежа по сравнению со строгим деревом модели КОМПАС-3D.

Таким образом, выбор САПР отражает подход к проектированию: строгий («сверху вниз») в КОМПАС-3D или свободный («снизу вверх») в nanoCAD.

Для решения второй задачи были выделены критерии для оценки пригодности САПР для образовательного процесса.

− Когнитивная нагрузка: интерфейс КОМПАС-3D содержит динамические подсказки, сокращающие поиск команд. Для комфортной работы в nanoCAD необходимо изучить клавиатурные сокращения.

− Интуитивность: в КОМПАС-3D процесс четко структурирован (сначала эскиз, затем связи, далее операция), что помогает организовать мышление. В nanoCAD студенту предоставлена большая свобода действий (начало черчения сразу в пространстве модели).

− Эргономика: ключевое различие – доступ к командам. В КОМПАС-3D часто требуется переключаться между вкладками ленты. В nanoCAD многие команды доступны через правую кнопку мыши или боковые панели, что минимизирует движение курсора.

− Методическое обеспечение: учебные заведения получают доступ к полнофункциональным лицензиям КОМПАС-3D, на стартовой странице есть перечень ссылок на электронные ресурсы с обучающими материалами, справочниками, видеозаписями разборов новинок в каждой новой версии. Несмотря на наличие бесплатной версии nanoCAD, централизованной базы адаптированных под вузовские программы материалов практически нет. Преподаватели вынуждены либо разрабатывать авторские курсы с нуля, либо использовать разрозненные материалы из форумов.

Третья задача решалась путем построения чертежа вала (рисунок), при этом выделены показатели, наиболее полно отражающие особенности как самого процесса, так и полученного результата: скорость создания чертежа (отражает эргономичность интерфейса), 3D-моделирование (показывает формирование параметрического мышления), готовность к работе по стандартам ЕСКД без дополнительных модулей при оформлении документации, кривая обучения (оценивается сложность освоения системы новичками). Результаты анализа приведены в таблице.

Экспертная качественная оценка КОМПАС-3D и nanoCAD

| Показатель | КОМПАС-3D | nanoCAD |
|---|---|---|
| Скорость создания 2D-чертежа | Преимущество за счет библиотек стандартных элементов (шпоночные пазы) и автоматизации размеров | Преимущество у опытного пользователя благодаря клавиатурным командам и минимизации кликов мышью |
| Процесс 3D-моделирования | Модель создается строго по алгоритму «эскиз → связи → операция». Результат полностью параметризован: любое изменение эскиза мгновенно меняет всю геометрию | Процесс схожий, но инструменты параметризации менее интегрированы в ядро системы. Контроль ассоциативности требует большего внимания пользователя |
| Оформление документации | Полная автоматизация заполнения основной надписи, генерация спецификаций и технических требований встроенными инструментами | Требует значительной ручной работы или установки дополнительного модуля СПДС |
| Кривая обучения | Низкий порог входа: интерфейс с динамическими подсказками снижает когнитивную нагрузку на новичка | Для комфортной работы требуется освоение клавиатурных сокращений и командной строки |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования. Сравнение проведено методом качественного анализа единичной задачи (N = 1) по шкале «преимущество системы» без расчета статистических показателей. Архитектурные различия указывают на потенциальное влияние интерфейсов на формирование рабочих привычек студентов, что требует проверки в рамках педагогического эксперимента

Анализ данных показывает, что на начальном этапе освоения временные затраты студентов в обеих системах сопоставимы. Однако специфика интерфейсов формирует разные стратегии работы при возникновении ошибок: в nanoCAD ошибка в команде провоцирует пользователя на подбор параметров через командную строку, тогда как ассоциативность модели в КОМПАС-3D не позволяет перестроить элемент до корректировки исходного эскиза, вынуждая студента обращаться к справочной системе или методическим материалам. В рамках данного исследования статистический подсчет указанных метрик не проводился ввиду малой выборки (N = 1). При масштабировании эксперимента целесообразно выделить частоту появления системных подсказок, количество обращений к встроенной справочной системе и долю ошибок, исправленных студентом без внешней консультации после первой неудачной попытки построения элемента. Кроме того, совместимость параметрического ядра КОМПАС-3D с открытыми форматами (.step, .iges) ограничена и требует конвертации при междисциплинарном проектировании, однако гарантирует сохранность ассоциативных связей внутри единой экосистемы ЕСКД. Фрагментация модулей nanoCAD, в свою очередь, требует от вуза закупки дополнительных расширений для полноценной работы по оформлению документации согласно стандартам.

Таким образом, решены первые три задачи исследования: выявлены различия в организации интерфейса, определены критерии эргономики и выполнен сравнительный анализ платформ на примере построения чертежа вала.

## Заключение

Решение четвертой задачи позволило сформулировать гипотезу о долгосрочном влиянии САПР на мышление инженера. КОМПАС-3D ориентирован на работу через дерево построений, а nanoCAD – на прямое редактирование геометрии. Выбор базовой платформы целесообразно соотносить с профильной нормативной базой отрасли (ЕСКД или DWG), так как это определяет доступный студенту функционал при выполнении учебных проектов.

Решение пятой задачи привело к формулировке рекомендаций. Для машиностроительных специальностей рекомендуется выбирать КОМПАС-3D как основную платформу для формирования навыков работы в среде ЕСКД. Для строительных специальностей рекомендуется выбирать nanoCAD из-за его интеграции с BIM-решениями и сходства отдельных команд и сценариев взаимодействия с AutoCAD. Для базовой геометро-графической подготовки студентов общетехнических специальностей предлагается гибридная методика: изучение КОМПАС-3D в начале для закладки основ параметрического мышления и nanoCAD в дальнейшем, чтобы познакомиться с альтернативной философией проектирования.

Переход на отечественное программное обеспечение изменяет требования к выбору и методическому обеспечению учебных САПР. По результатам экспертного анализа предполагается, что выбор САПР преобразовался из технической задачи в стратегический педагогический вопрос, непосредственно определяющий ракурс формирования профессиональных компетенций будущих инженеров. Проведенный анализ выявляет фундаментальное различие философий проектирования: приоритет документирования и жесткой ассоциативности в КОМПАС-3D против приоритета прямого доступа к геометрии в nanoCAD. Эти архитектурные особенности задают разные сценарии решения инженерных задач. Следовательно, при выборе базовой платформы целесообразно ориентироваться не на исторически сложившиеся традиции кафедры, а на профильную нормативную базу отрасли: стандарты Единой системы конструкторской документации для инженерно-машиностроительных направлений или форматы DWG для строительных и архитектурных специальностей. При этом окончательное формирование профессиональных компетенций выпускника зависит от интеграции выбранной САПР в общую структуру образовательной программы. На основе проведенного анализа разработаны рекомендации, требующие эмпирической проверки: для машиностроительных специальностей – КОМПАС-3D, для строительных и архитектурных – nanoCAD, а для общетехнических – гибридная методика. От выбора САПР зависит, к решению какого типа задач будет готов выпускник.

Выявленные различия диктуют необходимость адаптации учебно-методических комплексов: для КОМПАС-3D целесообразно разрабатывать задания на строгую параметризацию и работу со спецификациями, а для nanoCAD – задания по свободному редактированию геометрии и междисциплинарному обмену данными через формат DWG.

## Список литературы

1. Гурьева Ю. А., Козлова Е. М. Отечественное программное обеспечение для организации образовательного процесса // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: материалы Двадцать первой от-

крытой Всероссийской конференции (г. Нижний Новгород, 18–19 мая 2023 г.). Нижний Новгород: Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий (АПКИТ), Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2023. С. 205–206. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80554827_97912270.pdf (дата обращения: 20.08.2026).

2. КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС. [Электронный ресурс]. URL: https://kompas.ru /kompas-3d/v24/ (дата обращения: 20.08.2026).

3. Сайт ООО «Нанософт разработка». [Электронный ресурс]. URL: https://old.nanocad.ru/products/platform/updates/22_6069/ (дата обращения: 02.09.2026).

4. Тарасенко Ю. А., Гулякин Д. В. Современные особенности систем автоматизированного проектирования // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 110–19. С. 159–162. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_72343727_21956918.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

5. Кетова В. Д., Столбова И. Д. Организационная модель развития когнитивных способностей обучающихся // Управление образованием: теория и практика. 2024. Т. 14. № 1–2. С. 106–116. DOI: 10.25726/t9659-6814-4735-q.

6. Кубанова М. Я., Пименова О. В., Ногайлиева А. А. Вопросы индивидуально-психологической адаптации обучающихся вузов к учебной и профессиональной деятельности // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». 2025. № 2. С. 75–79. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_82901366_53072945.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

7. Петухова А. В., Ермошкин Э. В. Комплекс электронных графических заданий по начертательной геометрии, адаптированных для автоматизированных систем оценивания // Доказательная педагогика, психология. 2025. № 1. С. 17–30. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80545296_44323708.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

8. Басс Н. В. Методика проверки, приема и оценки графических работ студентов вузов при изучении графических дисциплин // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 107–1. С. 24–27. DOI: 10.18411/trnio-03-2024-p1.

9. Семенова Л. Э., Хайтул А. В., Ишкин Т. М. Программное обеспечение для автоматизированного подбора заданий студентам по предмету «Начертательная геометрия» // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2024. № 2 (66). С. 93–101. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_71199714_75130746.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

10. Агапов М. Е., Мусиенко О. А., Ширлина И. И. Компьютерное моделирование в изучении геометро-графических дисциплин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Т. 24. № 1. С. 70–77. DOI: 10.14529/build240109.

11. Швецова В. В. Синтез и генерация методических основ начертательной геометрии и инженерной графики в структуре компьютерной графики // Наука и бизнес: пути развития. 2024. № 8 (158). С. 32–35. URL: http://globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/158/sb-8(158)-2024-main.pdf (дата обращения: 02.09.2026).

12. Козлова И. А. Муленга К. Начертательная геометрия и информатизация инженерного образования // Актуальные проблемы современного образования. 2023. № 9 (34). С. 317–322. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_53699622_16307198.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

13. Ротков С. И., Конопацкий Е. В., Панчук К. Л. Проблема сокращения кафедр геометро-графической подготовки в университетах России // Омский научный вестник. 2023. № 4 (188). С. 29–37. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-29-37.

14. Костикова Л. П., Ольков А. С., Федотова О. С. Подготовка кадров высшей квалификации: научное руководство или наставничество? // Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 80–1. С. 172–175. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54918305_40253274.pdf (дата обращения: 29.07.2026).

15. Звягинцева Е. П., Ляляев С. В. Подготовка отечественных научно-педагогических кадров: вызовы времени // Мир науки, культуры, образования. 2023. № 6 (103). С. 76–79. DOI: 10.24412/1991-5497-2023-6103-76-79.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147
DOI

CC BY 4.0

# ВОЗМОЖНОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ ЗАДАНИЯ ПО АКУСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УВЕРЕННОСТИ МАГИСТРАНТОВ

**Плицына О. В. ORCID ID 0000-0002-7560-3039**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», Москва, Российская Федерация, e-mail: plitsa@yandex.ru*

Актуализация заданий по проектированию комплексной системы безопасности объекта позволяет включить психолого-педагогические механизмы развития профессиональной уверенности магистрантов. Ограничение возможностей стандартных глушителей шума в вентиляционных системах, вызываемое расширением нормативных требований к дезинфекции, создает предпосылки для актуализации задания на разработку реактивных глушителей шума, при которой будет учтена перспективность привлечения внимания к элементам устройства и применения их образных моделей. Цель исследования – развитие профессиональной уверенности магистрантов за счет акцентирования конструктивной схемы в задании на разработку реактивных глушителей шума для вентиляционных систем с дезинфекцией. В исследовании были задействованы: актуализированное задание для экспериментальной группы, контрольное задание для экспериментальной и контрольной групп, имитационные модели глушителя, позволяющие вести пошаговый контроль за точностью его компоновки. Экспериментальная группа продемонстрировала, что задание, при выполнении которого, вследствие привлечения внимания к конструктивной схеме глушителя и применения образных моделей, снимается когнитивная нагрузка, оказало прямое влияние на приобретение магистрантами опыта успешной разработки средств акустической безопасности. Сравнение с контрольной группой подтвердило перенос приобретенного опыта успешной разработки глушителей. Результаты, полученные на пилотной выборке, свидетельствуют об обеспечении актуализированным заданием повышения профессиональной уверенности магистрантов.

**Ключевые слова: актуализация, внимание, образные модели, опыт успешной разработки, профессиональная уверенность**

# POSSIBILITIES OF ACTUALIZING AN ACOUSTIC SAFETY ASSIGNMENT IN THE FORMATION OF MASTER'S STUDENTS' PROFESSIONAL CONFIDENCE

**Plitsyna O. V. ORCID ID 0000-0002-7560-3039**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport", Moscow, Russian Federation, e-mail: plitsa@yandex.ru*

The actualization of design assignments for comprehensive facility safety system allows for the activation of psycho-pedagogical mechanisms for developing master's students' professional confidence. The limitations of standard silencers in ventilation systems, driven by expanding regulatory requirements for disinfection, create the prerequisites for the actualizing the design assignment for reactive mufflers, which will take into account the promising drawing attention to the device's elements and applying their mental models. The purpose of the study is to develop master's students' professional confidence by emphasizing the structural layout in the design assignment for reactive noise mufflers in ventilation systems with disinfection. The study utilized the actualized assignment for the experimental group, a control assignment for both the experimental and control groups, and simulation models of the muffler, which allow for step-by-step monitoring of the accuracy of its layout. The experimental group demonstrated that the assignment, which reduces cognitive load by drawing attention to the muffler's structural layout and applying mental models, had a direct impact on the master's students' acquisition of experience in the successful design of acoustic safety devices. Comparison with the control group confirmed the transfer of the acquired experience in successful muffler design. The results obtained on a pilot sample indicate that the actualized assignment ensures an increase in the master's students' professional confidence.

**Keywords: actualization, attention, mental models, successful design experience, professional confidence**

## Введение

В современных условиях быстро изменяющихся требований к инженерным системам для магистрантов направления «Техносферная безопасность» особую важность приобретает сформированность профессиональной уверенности [1, 2].

Задания, которые выполняются магистрантами на практических занятиях по проектированию систем безопасности, являются интегрированными [2, 3]. Методические возможности интегрированных заданий расширяются, если возникает необходимость учесть обновление нор-

мативных документов, относящихся к какому-либо компоненту комплексной системы безопасности объекта, в частности к инженерным сетям [4–6]. Актуализация базовых заданий помогает включить психолого-педагогические механизмы, влияющие на развитие профессиональной уверенности [7–9].

Поскольку с введением в практику расширенных нормативных требований к дезинфекции систем вентиляции, из-за разрушения звукопоглощающего материала, ограничиваются возможности стандартных диссипативных глушителей шума в воздуховодах, представляется оправданной актуализация базового интегративного задания [10] на разработку реактивных глушителей для инженерных сетей.

Опросы, проводимые в рамках сбора обратной связи [11–13], показали:

− магистранты не всегда чувствуют себя свободно при детальной проработке средств акустической безопасности (5 баллов по 7-балльной шкале Лайкерта);

− магистранты отмечают полезность декомпозиции как при компоновке, так и при расчете средств акустической безопасности.

Результаты опросов дают основание полагать:

− актуализированное задание должно привлекать внимание к конструктивной схеме глушителя для инженерных систем с дезинфекцией;

− образные модели элементов глушителя будут содействовать успешному выполнению актуализированного задания.

Проведение контроля за развитием профессиональной уверенности поддерживается следующим:

− конструктивные особенности реактивного глушителя позволяют вести контроль за успешностью выполнения задания по точности настройки элементов разработанного устройства;

− имитационная модель реактивного глушителя [14, 15] предоставляет возможность магистранту проводить наряду с расчетами по заданию контроль за успешностью его выполнения без дополнительного времени;

− приобретенный опыт успешного выполнения задания будет свидетельствовать о повышении профессиональной уверенности.

**Цель исследования** – развитие профессиональной уверенности магистрантов за счет акцентирования конструктивной схемы в задании на разработку реактивных глушителей шума для вентиляционных систем с дезинфекцией.

**Материалы и методы исследования**

В исследовании профессиональная уверенность рассматривается как качество личности, имеющее когнитивный, эмоционально-волевой и деятельностный компоненты. Оценка уровня сформированности профессиональной уверенности проводилась по критериям, которые соответствуют указанным компонентам. Для характеристики критериев принят обобщенный показатель успешности выполнения задания (экспертная оценка) и шкала Лайкерта (самооценка).

Материалы к актуализированному заданию:

− проект дезинфицируемой системы общеобменной механической вентиляции с прямоугольным магистральным воздуховодом большого поперечного сечения, определяющий требования к отражательному многощелевому глушителю по снижению шума, коррозионной надежности, удалению конденсата, доступности для обслуживания, аэродинамической приемлемости;

− имитационная модель отражательного реактивного глушителя, позволяющая магистрантам вести контроль за акустической эффективностью на каждом шаге компоновки.

Варианты актуализированного задания магистранты выполняли в группах с обсуждением:

− показывали отражательный многощелевой глушитель в магистральном воздуховоде;

− определяли геометрию и материал гнутых листов в глушителе;

− принимали направление расположения гнутых листов;

− рассматривали крепление гнутых листов на каркасе;

− предлагали крепление стенок корпуса глушителя;

− выбирали уклон дна корпуса;

− показывали расположение гидрозатвора;

− оценивали, по сравнению со стандартным глушителем, потери давления, вносимые разработанным глушителем в вентиляционную систему;

− подбирали конические воздуховоды для присоединения глушителя к системе.

Актуализированное задание было реализовано в экспериментальной группе из 10 магистрантов, обучающихся проектированию систем безопасности, разделенной на две группы по 5 чел.

Материалы к контрольному заданию:

− проект дезинфицируемой высокопроизводительной системы общеобменной механической вентиляции с прямоугольным магистральным воздуховодом большого по-

перечного сечения, определяющий требования к глушителю по снижению низкочастотного шума, коррозионной надежности, удалению конденсата, доступности для обслуживания, аэродинамической приемлемости;

– имитационная модель реактивного глушителя, позволяющая магистрантам вести контроль за акустической эффективностью на каждом шаге компоновки.

Контрольное задание магистранты выполняли в группе с обсуждением:

– составляли глушитель из резонаторов Гельмгольца в магистральном воздуховоде;

– определяли геометрию элементов в глушителе;

– принимали конструкционный материал;

– рассматривали крепление элементов в глушителе;

– отмечали выполнение корпуса глушителя.

Контрольное задание было реализовано в экспериментальной группе из 10 магистрантов, выполнивших актуализированное задание, и в контрольной группе из 10 магистрантов, обучающихся проектированию систем безопасности объекта.

## Результаты исследования и их обсуждение

На этапе выполнения актуализированного задания магистранты учитывали условия, необходимые для снижения шума в магистральном воздуховоде, и показали его дробление по одной координате поперечного сечения.

Полученный в результате глушитель был представлен в виде набора гнутых листов (рис. 1, а).

Сформированные гнутыми листами щелевые отражающие элементы рассматривались как различно настроенные блоки, из которых последовательно составляется широкополосное устройство.

Принятые образные модели формализовали процесс выявления требуемой геометрии отражающих элементов (рис. 1, б, в), что устранило ситуативную тревожность магистрантов и позволило точно компоновать реактивные глушители, акустическая эффективность которых не меньше, чем у стандартных глушителей со звукопоглощающим материалом (рис. 1, г).

Снятие когнитивной нагрузки образными моделями предопределило продуктивность внимания при детальной проработке устройства (рис. 1, д).

Магистранты быстро согласовали всю конструктивную специфику глушителя для дезинфицируемой вентиляционной системы:

– применение коррозионностойкого материала;

– наличие каркаса;

– крепление гнутых листов и стенок корпуса к каркасу;

– вертикальное расположение гнутых листов;

– съемные стенки корпуса;

– уклон дна;

– гидрозатвор в нижней точке дна.

По ходу обсуждения аэродинамической приемлемости глушителя образные модели элементов применялись повторно. Магистранты самостоятельно, верно и без длительных сомнений в правильности своих действий реализовали поэлементную фиксацию потерь давления в многощелевом устройстве. Освобождение когнитивных ресурсов для анализа проявилось в рекомендации угла раскрытия конических присоединительных участков, устанавливающего внесение потерь давления 120 Па, не превышающих потери от стандартных глушителей со звукопоглощающим материалом.

В итоге был предложен реактивный глушитель, который имеет акустические, конструктивные и аэродинамические показатели, указывающие на успешность выполнения актуализированного задания (развитие профессиональной уверенности по когнитивному и деятельностному критериям).

На обобщающей дискуссии магистранты продемонстрировали убежденность в своей способности детально прорабатывать эффективные устройства снижения шума для вентиляционных систем со специальными условиями (6,8 баллов по 7-балльной шкале Лайкерта – развитие профессиональной уверенности по эмоционально-волевому критерию).

Таким образом, актуализированное задание с акцентированием конструктивной схемы глушителя оказало прямое влияние на приобретение магистрантами опыта успешной разработки средств акустической безопасности, свидетельствующего о повышении профессиональной уверенности.

На этапе выполнения контрольного задания магистранты контрольной группы и экспериментальной группы разработали существенно различающиеся устройства.

Магистранты контрольной группы приняли шаблонное решение: последовательная установка двух цельнометаллических резонаторов Гельмгольца из коррозионностойкого сплава, снабженных люками для обслуживания. Геометрия резонаторов и соединяющего их участка магистрального воздуховода, обусловливающая заданное снижение шума, определена точно. Вносимые резонаторами в вентиляционную систему потери давления оценены быстро.

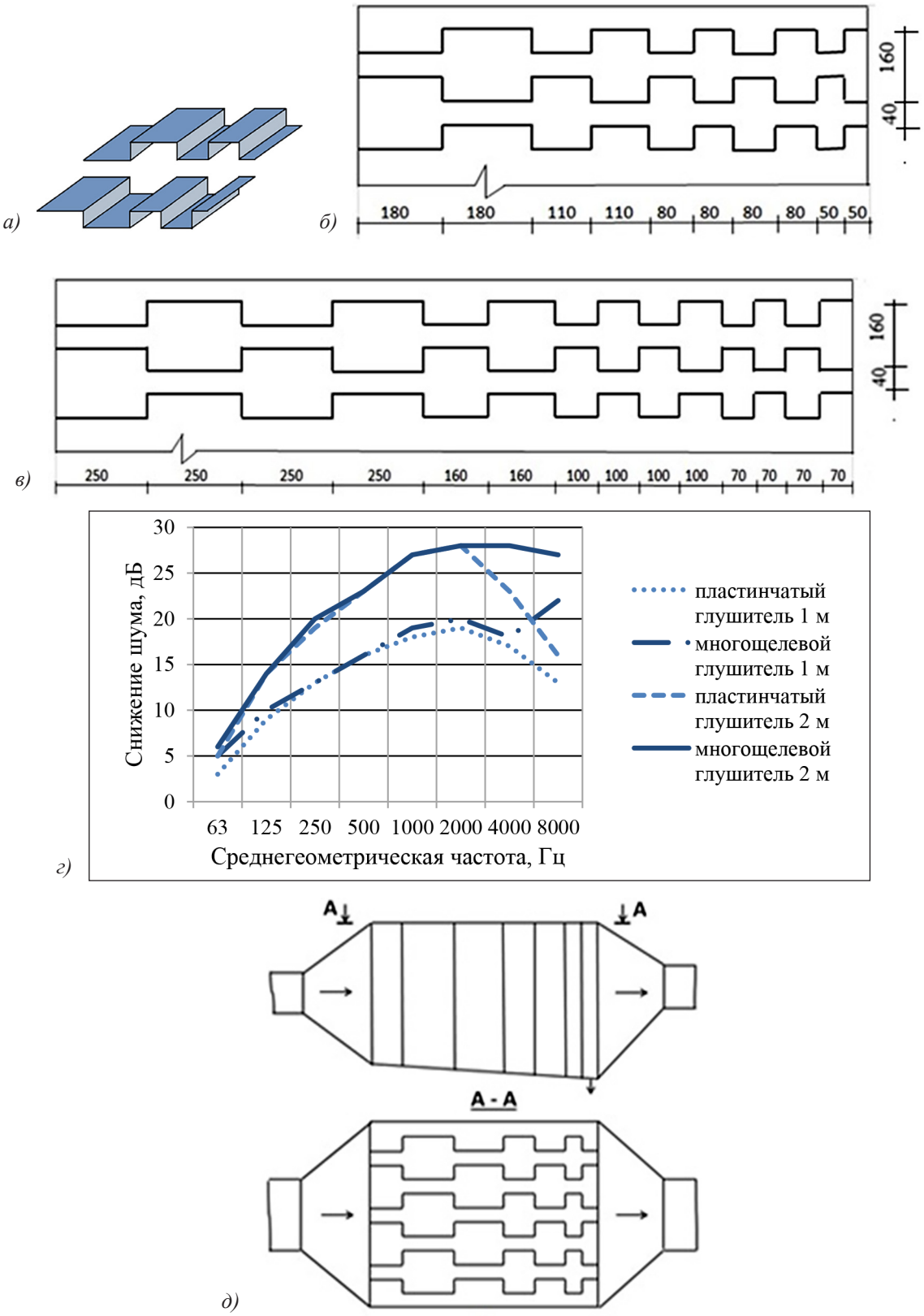



*Рис. 1. Отражательный глушитель для дезинфицируемой вентиляционной системы: а – гнутые листы; б – геометрия отражающих элементов в глушителе длиной 1 м; в – геометрия отражающих элементов в глушителе длиной 2 м; г – акустическая эффективность глушителя; д – схема глушителя в воздуховоде*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

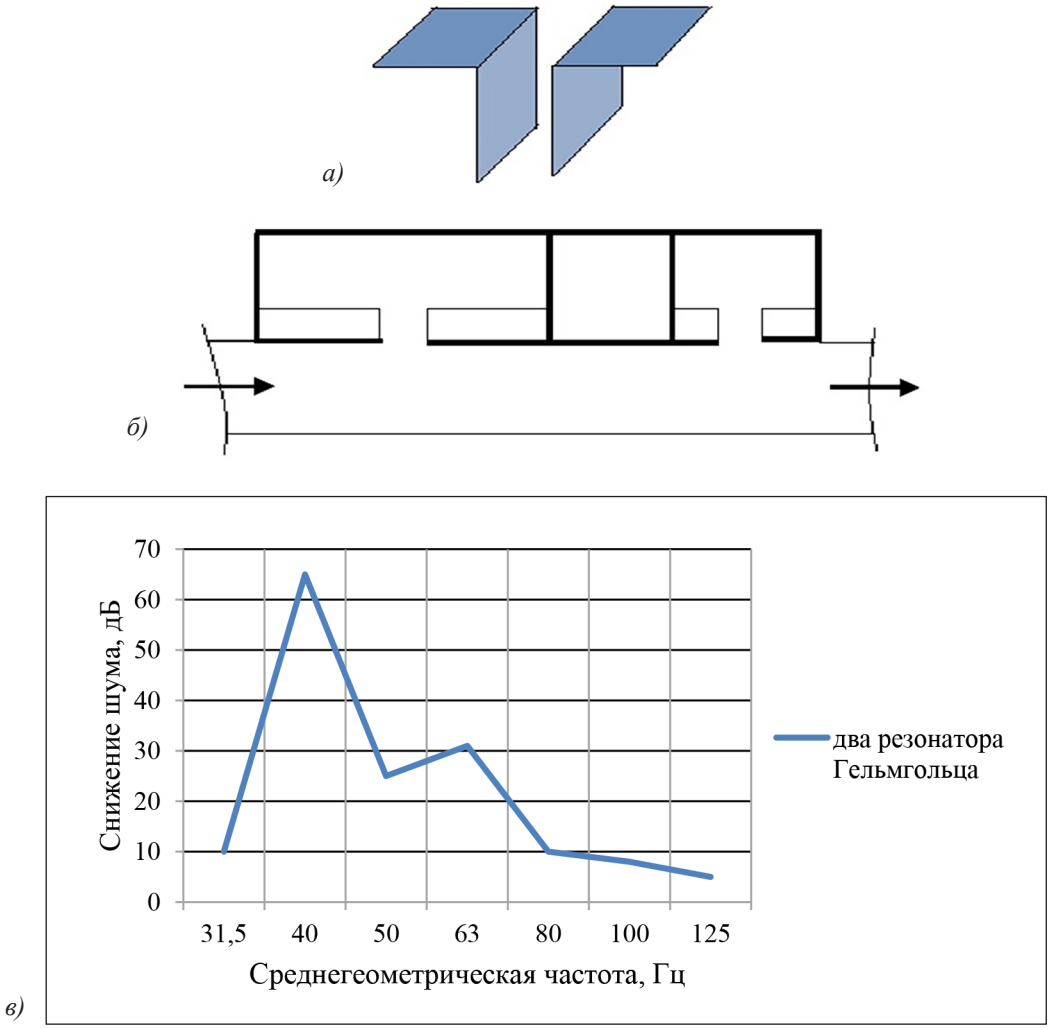



*Рис. 2. Резонаторный глушитель для дезинфицируемой вентиляционной системы: а – гнутые листы; б – схема глушителя из двух резонаторов Гельмгольца в воздуховоде; в – акустическая эффективность глушителя*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Отсутствие обсуждения в контрольной группе нескольких вариантов компоновки резонаторного глушителя указывает на опасение магистрантов ошибиться и, несмотря на верность расчетов, на не в полной мере развитую профессиональную уверенность.

Магистранты экспериментальной группы выбирали рациональную конструктивную схему низкочастотного глушителя для дезинфицируемой вентиляционной системы. Было разработано устройство, в котором набор гнутых листов (рис. 2, а) формирует два резонатора Гельмгольца (рис. 2, б) с необходимой акустической эффективностью (рис. 2, в) и потерями давления до 30 Па. К каркасу устройства крепятся гнутые листы, съемные стенки корпуса, наклонное дно с гидрозатвором.

Высокое качество дискуссии в экспериментальной группе подтверждает перенос приобретенного магистрантами опыта успешной разработки глушителей. Следовательно, по результатам, полученным на пилотной выборке, выполнение актуализированного задания обеспечило повышение профессиональной уверенности.

## Заключение

Актуализация интегрированных заданий ориентируется на развитие профессиональной уверенности магистрантов.

В процессе обоснования акцентирования конструктивной схемы в актуализированном задании на разработку реактивных глушителей шума для вентиляционных

систем с дезинфекцией было установлено следующее:

− привлечение внимания к конструктивным элементам глушителя и применение образных моделей позволяет снять когнитивную нагрузку при разработке многокомпонентных устройств;

− задание с акцентированной конструктивной схемой глушителя оказывает прямое влияние на приобретение магистрантами опыта успешной разработки средств акустической безопасности, свидетельствующего о повышении профессиональной уверенности;

− перенос опыта успешной разработки реактивных глушителей, приобретенного магистрантами при выполнении актуализированного задания, подтверждается экспериментально.

Профессиональная уверенность магистрантов формируется с помощью педагогического дизайна актуализированного задания, который включает в себя следующие ключевые факторы: снижение когнитивной нагрузки за счет применения образных моделей, пошагово создающих «ситуацию успеха»; четкое структурирование деятельности, снимающее страх перед многокомпонентным объектом; коллективная рефлексия в групповой дискуссии, позволяющая закрепить позитивный опыт успешной разработки устройств.

Для подтверждения статистической значимости результатов планируется расширение выборки в будущих исследованиях.

### Список литературы

1. Горшкова О. О. Подготовка выпускника инженерного вуза в практико-ориентированном формате при взаимодействии с предприятиями реального сектора экономики // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 1. С. 62. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=33928 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.17513/spno.33928.

2. Скафа Е. И., Евсеева Е. Г., Гребенкина А. С. Реализация методики практико-ориентированного обучения математике будущих инженеров пожарной и техносферной безопасности // Перспективы науки и образования. 2024. № 4 (70). С. 257–273. URL: https://pnojournal.wordpress.com/2024/09/03/skafa-2/ (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.32744/pse.2024.4.16.

3. Podgórska M., Zdonek I. Interdisciplinary collaboration in higher education towards sustainable development // Sustainable Development. 2024. Vol. 32. Is. 3. P. 2085–2103. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sd.2765 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1002/sd.2765.

4. Bjelland H., Gehandler J., Meacham B., Carvel R., Torero J. L., Ingason H., Njå O. Tunnel fire safety management and systems thinking: adapting engineering practice through regulations and education // Fire Safety Journal. 2024. Vol. 146. Art. 104140. DOI: 10.1016/j.firesaf.2024.104140.

5. Leonova N., Kaverzneva T. T., Pshenichnaya C. V., Skrypnik I. L. Pedagogical Monitoring of the Professional Image Formation among Technosphere Safety Students // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 666. Is. 3. Art. 032027. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/3/032027 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1088/1755-1315/666/3/032027.

6. Zhang L., Ma Y. A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study // Frontiers in Psychology. 2023. Vol. 14. Art. 1202728. URL: https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2023.1202728/full (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1202728.

7. Bęś P., Strzałkowski P. Analysis of the Effectiveness of Safety Training Methods // Sustaina-bility. 2024. Vol. 16. Is. 7. Art. 2732. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/7/2732 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.3390/su16072732.

8. Sweeney A., Burke J., Meehan T. The impact of mindful pedagogy on creativity in higher education students, a systematic review // International Journal of Educational Research Open. 2025. Vol. 9. Art. 100504. DOI: 10.1016/j.ijedro.2025.100504.

9. Bauer E., Heitzmann N., Bannert M., Chernikova O., Fischer M. R., Frenzel A. C., Gartmeier M., Hofer S. I., Holzberger D., Kasneci E., Koenen J., Kosel C., Küchemann S., Kuhn J., Michaeli T., Neuhaus B. J., Niklas F., Obersteiner A., Pfeffer J., Sailer M., Schmidmaier R., Schmidt-Hertha B., Stadler M., Ufer S., Vorholzer A., Seidel T., Fischer F. Personalizing simulation-based learning in higher education // Learning and Individual Differences. 2025. Vol. 122. Art. 102746. DOI: 10.1016/j.lindif.2025.102746.

10. Дементьева Ю. В., Плицына О. В. Модификация практикума по проектированию систем безопасности // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 5. URL: https://science-education.ru/article/view?id=34263 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.17513/spno.34263.

11. McGuire M. Feedback, reflection and psychological safety: rethinking assessment for student well-being in higher education // Assessment & Evaluation in Higher Education. 2026. Vol. 51. Is. 3. P. 532–556. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02602938.2025.2548590 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1080/02602938.2025.2548590.

12. She J., Belanger E., Bartels C. Evaluating the effectiveness of functional decomposition in early-stage design: development and application of problem space exploration metrics // Research in Engineering Design. 2024. Vol. 35. Is. 3. P. 311–327. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00163-024-00434-w (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1007/s00163-024-00434-w.

13. Power J. R., Tanner D., Egan V., Mooney Simmie G., Buckley J. Engineering self-efficacy development in undergraduates: evolving sources // European Journal of Engineering Education. 2026. Vol. 51. Is. 1. P. 1–24. URL: https://www.researchgate.net/publication/389390511_Engineering_self-efficacy_development_in_undergraduates_Evolving_sources (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1080/03043797.2025.2468350.

14. Plitsyna O. V., Rogova T. N. Updating the practical classes on acoustic safety // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1691. Is. 1. Art. 012136. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1691/1/012136 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012136.

15. Plitsyna O. V., Rogova T. N. Correcting the project task on safety systems // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2410. № 1. Art. 020019. DOI: 10.1063/5.0067677.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147:372.851
DOI

CC BY 4.0

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

**Пронина Е. В. ORCID ID 0000-0002-2447-7175,**
**Муханов С. А. ORCID ID 0000-0001-6959-5047,**
**Пихтилькова О. А. ORCID ID 0009-0004-4632-5158**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Российская Федерация, e-mail: s_a_mukhanov@mail.ru*

Статья посвящена решению методической проблемы преодоления разрыва между алгебраическим описанием кривых и поверхностей второго порядка и их геометрическим образом при изучении линейной алгебры на первом курсе технического вуза. Цель исследования – теоретическое обоснование и разработка модели использования средств компьютерной визуализации (GeoGebra и авторских HTML/JavaScript-страниц) как инструмента формирования метапредметных компетенций студентов. Для достижения цели проведен сравнительный анализ требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и метапредметных компетенций международной модели Европейского общества инженерного образования (European Society for Engineering Education); выявлен набор компетенций, связанных с визуализацией (пространственное мышление, математическое моделирование, оперирование символами, использование цифровых инструментов, коммуникация); разработана структурно-функциональная модель и дидактические кейсы для занятий. Практическая значимость работы состоит в предложении готовых сценариев применения визуализации – динамическое варьирование параметров, построение сечений, демонстрация поворота осей при приведении к каноническому виду, интерактивные тренажеры самопроверки. Сценарии апробированы на лекциях и практических занятиях в РТУ МИРЭА в курсе «Линейная алгебра и аналитическая геометрия». Разработанные материалы не требуют установки дополнительного программного обеспечения и работают в любом браузере, что обеспечивает доступность в аудитории и при дистанционном обучении, а также воспроизводимость и методическую гибкость модели. Результаты могут быть использованы при проектировании курсов по аналитической геометрии, создании электронных пособий и дальнейшей экспериментальной апробации подхода.

**Ключевые слова: визуализация, GeoGebra, кривые и поверхности второго порядка, аналитическая геометрия, линейная алгебра, метапредметные компетенции, цифровая дидактика, пространственное мышление, техническое образование, HTML-ресурсы**

# COMPUTER VISUALIZATION OF SECOND-ORDER CURVES AND SURFACES AS A TOOL FOR DEVELOPING META-SUBJECT COMPETENCIES IN TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS

**Pronina E. V. ORCID ID 0000-0002-2447-7175,**
**Mukhanov S. A. ORCID ID 0000-0001-6959-5047,**
**Pikhtilkova O. A. ORCID ID 0009-0004-4632-5158**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", Moscow, Russian Federation, e-mail: s_a_mukhanov@mail.ru*

The article addresses the methodological problem of bridging the gap between the algebraic description of second-order curves and surfaces and their geometric (spatial) representation in the study of linear algebra and analytic geometry by first-year engineering students. The aim of the study is to provide a theoretical justification for and to develop a model for the use of computer visualization tools – GeoGebra and custom HTML/JavaScript pages–as a means of fostering students' meta-subject competencies. To achieve this aim, a comparative analysis was conducted between the requirements of the Russian Federal State Educational Standards and the meta-subject competencies of the international European Society for Engineering Education framework; a set of visualization-related competencies was identified (spatial thinking, mathematical modelling, symbolic manipulation, use of digital tools, and communication); and a structural–functional model with specific didactic cases for classroom use was developed. The practical significance of the work lies in offering ready-made visualization scenarios, including dynamic parameter variation, cross-section construction, demonstration of axis rotation when reducing equations to canonical form, and interactive self-assessment exercises. These scenarios were piloted in lectures and practical sessions at RTU MIREA as part of the course «Linear Algebra and Analytic Geometry.» The developed materials require no software installation and run in any modern browser, ensuring accessibility both in the classroom and in distance learning settings, as well as reproducibility and methodological flexibility of the model. The results can be used in designing analytic geometry courses, creating electronic teaching aids, and further experimental validation of the proposed approach.

**Keywords: visualization, GeoGebra, second-order curves and surfaces, analytic geometry, linear algebra, meta-subject competencies, digital didactics, spatial thinking, technical education, HTML resources**

## Введение

Преподавание аналитической геометрии в технических вузах представляет собой фундаментальную основу инженерного образования, закладывающую математический аппарат, необходимый для изучения физики, теоретической механики, сопротивления материалов и других общеинженерных дисциплин. Однако раздел, посвященный кривым и поверхностям второго порядка, традиционно воспринимается студентами как один из наиболее сложных для освоения. Переход от двумерных конических сечений (эллипс, гипербола, парабола) к трехмерным поверхностям (эллипсоиды, гиперболоиды, параболоиды) требует качественно иного уровня пространственного воображения, способности к мысленному вращению объектов и умения реконструировать трехмерную форму по ее аналитическому заданию – уравнению второго порядка общего вида. Традиционный методический подход – метод сечений (анализ пересечений поверхности координатными плоскостями) – является логически строгим, но накладывает значительную когнитивную нагрузку на студентов с недостаточно развитым пространственным мышлением, что приводит к формальному, алгоритмическому усвоению материала без подлинного понимания геометрической природы изучаемых объектов.

Параллельно с предметными трудностями преподавания аналитической геометрии в российской системе высшего образования происходят институциональные изменения, связанные с переходом на компетентностную парадигму. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования поколения 3++ (ФГОС ВО 3++) [1] вводят категорию универсальных компетенций (УК), в составе которых выделяются системное и критическое мышление (УК-1), разработка и реализация проектов (УК-2), командная работа и лидерство (УК-3), коммуникация (УК4), межкультурное взаимодействие (УК-5), самоорганизация и саморазвитие (УК-6, УК-7), безопасность жизнедеятельности (УК-8). Эти компетенции, концептуально восходящие к понятию метапредметных образовательных результатов, сформулированному в работах Ю. В. Громыко [2], А. В. Хуторского [3], И. А. Зимней [4] и других исследователей, требуют от преподавателей поиска новых методических подходов, интегрирующих предметное содержание с универсальными учебными действиями.

**Цель исследования** – теоретическое обоснование и разработка дидактической модели интеграции средств компьютерной визуализации (интерактивной геометрической системы GeoGebra и авторских HTML/JavaScript-страниц) в процесс изучения кривых и поверхностей второго порядка, ориентированной на формирование метапредметных компетенций студентов первого курса технического вуза.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО 3++) и компетентностной модели Европейского общества инженерного образования (SEFI) с целью выявления интегрального набора метапредметных компетенций, актуализируемых при изучении аналитической геометрии.

2. Разработать структурно-функциональную модель применения средств компьютерной визуализации в лекционных и практических занятиях по теме «Кривые и поверхности второго порядка», включающую конкретные дидактические сценарии (кейсы).

3. Апробировать разработанную модель в реальном учебном процессе на базе РТУ МИРЭА в курсе «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» и оценить ее влияние на качество усвоения материала и уровень сформированности пространственного мышления студентов.

4. Выявить методические условия и ограничения эффективного использования GeoGebra и авторских HTML-страниц как инструментов цифровой дидактики, а также определить направления дальнейшего совершенствования предложенного подхода.

## Материалы и методы исследования

Исследование, проведенное авторами, построено на основе методологии аналитического обзора и педагогического проектирования и включает аналитический и проектный этапы.

1. На аналитическом этапе проведен сравнительный анализ требований к универсальным компетенциям ФГОС ВО (в части компетенций, формируемых при изучении математических дисциплин) и метапредметных математических компетенций, зафиксированных в международном документе Европейского общества инженерного образования (SEFI) Mathematics Working Group «A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education» [5]. На основе контент-анализа указанных документов выделен интегральный набор компетенций, непосредственно связанных с визуализацией геометрических объектов: пространственное и системное мышление, математическое моделирование, оперирова-

ние представлениями и символами, использование цифровых инструментов, коммуникация результатов.

2. На основе выявленного набора компетенций на проектном этапе разработана структурно-функциональная модель интеграции средств визуализации (GeoGebra, авторские HTML-страницы) в курс линейной алгебры и аналитической геометрии. Для каждой компетенции интегрального списка разработаны сценарии (дидактические кейсы) применения визуализации на лекционных и практических занятиях по теме «Кривые и поверхности второго порядка».

3. Апробация разработанных материалов в течение трех учебных лет (2023–2025) для студентов первого курса РТУ МИРЭА. В исследовании приняли участие 363 студента (по две экспериментальные и две контрольные группы в осенних семестрах в течение трех лет). Занятия проводились в смешанном формате: лекции с демонстрацией динамических моделей, практические занятия с самостоятельной работой студентов с использованием вычислительной техники.

4. Сбор обратной связи через анкетирование, контрольные срезы и сравнительный анализ академической успеваемости по теме «Кривые и поверхности второго порядка» в экспериментальных и контрольной группах. Статистическая обработка результатов контрольных срезов выполнялась с применением непараметрического U-критерия Манна – Уитни; различия между экспериментальными и контрольными группами признавались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0{,}05$.

## Результаты исследования и их обсуждение

### *Метапредметные компетенции при изучении аналитической геометрии*

Сравнительный анализ ФГОС ВО 3++ и компетентностной модели SEFI показывает, что, несмотря на различия в исходных подходах и целевых аудиториях, в области визуализации геометрических объектов между ними существует значительное концептуальное пересечение. Более детализированный взгляд на компетенции, формируемые при изучении математики в инженерном образовании, представлен в документе SEFI «A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education» [5], разработанном на основе компетентностной модели М. Нисса (M. Niss). Документ выделяет восемь математических компетенций. В табл. 1 представлены наиболее значимые, по мнению авторов, компетенции для изучения темы «Кривые и поверхности второго порядка».

Проведенный анализ подтверждает, что выделенный интегральный набор компетенций находит свое отражение в обеих моделях, но с разной степенью детализации и на разных уровнях. В ФГОС ВО 3++ компетенции, связанные с визуализацией, часто «размыты» на уровне универсальных компетенций (УК) и должны конкретизироваться в общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК). Модель SEFI предлагает более четкие и операционализируемые формулировки на уровне базовых математических компетенций. Тем не менее сопоставление требований ФГОС ВО и компетентностной модели SEFI выявило существенное содержательное пересечение – в обоих документах напрямую указана необходимость развития у студента способности видеть за символьной записью содержательный объект и осознанно применять цифровые инструменты для его анализа. Это подтверждает универсальность требований к метапредметной подготовке будущего инженера независимо от образовательной традиции и служит основанием для разработки педагогической модели, представленной ниже.

### *Структурно-функциональная модель интеграции средств визуализации*

Проведенный сравнительный анализ компетенций (табл. 1) позволил выделить интегральный набор метапредметных результатов, на достижение которых должна быть ориентирована разрабатываемая методика. На основе этого набора и с учетом теоретических положений когнитивной психологии (теория двойного кодирования, снижения когнитивной нагрузки) нами была спроектирована структурно-функциональная модель интеграции средств компьютерной визуализации в учебный процесс, представленная на рис. 1. Модель включает четыре взаимосвязанных уровня: целевой, методологический, инструментально-процессуальный и результативный.

### *Теоретические основы исследования (методологический блок модели)*

Принцип наглядности – один из старейших дидактических принципов, однако его содержание существенно изменилось с приходом цифровых технологий. При использовании компьютерной визуализации в качестве педагогического инструмента авторы опираются на теорию когнитивной нагрузки Дж. Свеллера [6], теорию двойного кодирования А. Пайвио [7] и теорию мультимедийного обучения Р. Майера [8], развивающую идеи Пайвио применительно к цифровым образовательным средам.

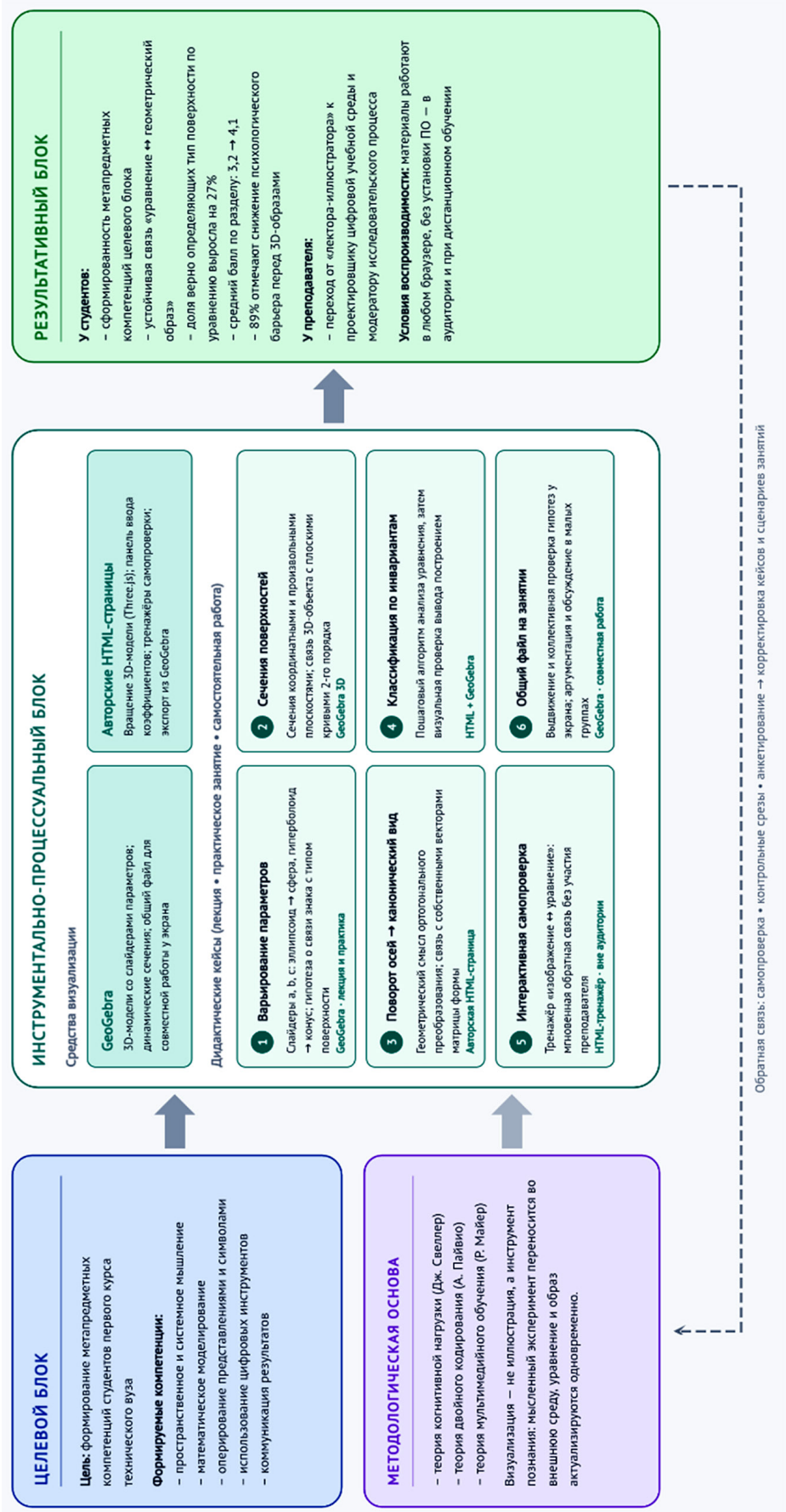



*Рис. 1. Структурно-функциональная модель (GeoGebra и HTML-страницы)*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

**Таблица 1**

Сравнительный анализ ФГОС ВО 3++ и модели SEFI
в разрезе математических компетенций, важных
для изучения темы «Кривые и поверхности второго порядка»

| Интегральная компетенция | ФГОС ВО 3++ (формулировки) | Модель SEFI (формулировки) | Сходства и различия |
|---|---|---|---|
| Пространственное и системное мышление | УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | Thinking mathematically: Способность понимать, использовать и применять математические концепции в контексте. Reasoning mathematically: Способность к математическому рассуждению | Пересечение: Обе модели требуют системного подхода к решению задач. SEFI делает акцент на математическом контексте, в то время как ФГОС формулирует это более общо, как научное мировоззрение |
| Математическое моделирование | Прямого аналога в УК нет. Эта компетенция, как правило, включается в ОПК или ПК (например, способность использовать современный математический аппарат) | Modelling mathematically: Способность строить и использовать математические модели. Posing and solving mathematical problems: Способность ставить и решать математические задачи | Различие: В SEFI это одна из восьми ключевых математических компетенций. Во ФГОС 3++ эта компетенция отнесена к профессиональному уровню, что дает вузам свободу в ее конкретизации |
| Оперирование представлениями и символами | УК-1: Критический анализ информации. (Косвенное указание на работу с разными формами представления данных) | Representing mathematical entities: Способность представлять математические объекты. Handling mathematical symbols and formalism: Способность оперировать математическими символами и формализмами | Различие: SEFI дает четкое и прямое описание этой компетенции. Во ФГОС она подразумевается, но явно не выделяется, что может приводить к неоднозначности в трактовке |
| Использование цифровых инструментов | Прямого аналога в УК нет. Входит в ОПК или ПК (например, способность использовать современные информационные технологии) | Making use of aids and tools: Способность использовать вспомогательные средства и инструменты (включая цифровые) | Различие: SEFI прямо указывает на использование инструментов. Во ФГОС эта компетенция не выделена на уровне УК, что является упущением, учитывая современные реалии |
| Коммуникация результатов | УК-3: Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде. УК-5: Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах... | Communicating in, with, and about mathematics: Способность коммуницировать с использованием математического языка | Пересечение: Обе модели требуют эффективной коммуникации. SEFI конкретизирует это через «математический язык», а ФГОС делает акцент на деловой коммуникации в целом |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Теория когнитивной нагрузки утверждает, что объем рабочей памяти ограничен: в ней единовременно удерживается лишь небольшое число элементов. Поэтому задачи, требующие одновременной активации множества взаимосвязанных понятий, создают высокую внутреннюю нагрузку. К таким задачам авторы относят преобразование кривых второго порядка. Использование динамической визуализации позволяет перенести мысленный эксперимент во внешнюю среду. Часть когнитивной работы делегируется зрительной системе, что высвобождает ресурсы рабочей памяти для осмысления геометрического образа.

В своих исследованиях авторы опираются на теорию двойного кодирования, согласно которой вербальная и образная системы представления информации относительно независимы. Авторы считают, что одновременная активация обоих каналов и использование взаимосвязанных сим-

вольного и графического образа приводят к формированию устойчивых связей между ними, что существенно повышает качество усвоения материала. Изменяя значение параметра, студент одновременно видит изменение числового значения в уравнении и трансформацию геометрического образа. Это устраняет разрыв между уравнением и образом: вербальный и образный каналы активируются одновременно, что, согласно теории Пайвио, создает более прочные и разветвленные мнемические следы.

Теория мультимедийного обучения Р. Майера [8], развивающая идеи Пайвио применительно к цифровым образовательным средам, формулирует несколько принципов, актуальных для данного исследования. Принцип модальности утверждает, что сочетание визуального и вербального каналов эффективнее передачи информации через какой-либо один из них. Принцип пространственной и временной смежности требует, чтобы соответствующие потоки информации из разных каналов предъявлялись одновременно и в непосредственной близости, а не были разнесены во времени и пространстве. Принцип интерактивности дает возможность самостоятельно изменять параметры объекта и немедленно наблюдать следствия этих изменений, что переводит студента из роли пассивного наблюдателя в роль активного исследователя. Майер квалифицирует такую активность как генеративную обработку – студент не просто воспринимает готовые образы, а конструирует собственные ментальные модели через пробы и наблюдения. Генеративная обработка, в отличие от репродуктивного запоминания, формирует гибкое, применимое в новых контекстах знание.

В более ранних работах отечественных исследователей было отмечено, что компьютерная визуализация не сводится к демонстрации уже известного результата. Она становится инструментом познания, позволяющим обучаемому самостоятельно выстраивать образ математического объекта. В. Л. Авербух, рассматривая теоретические основания компьютерной визуализации, подчеркивает, что визуализация – это не просто представление данных в графической форме, а специально организованный процесс, поддерживающий когнитивную деятельность человека при работе со сложными абстрактными структурами: «проектирование видов отображения является важной частью для определения когнитивной составляющей конкретной специализированной системы визуализации» [9, с. 197]. А. А. Вербицкий в рамках концепции знаково-контекстного обучения указывает, что наглядный образ выступает промежуточным звеном между абстрактным понятием и практическим действием: свертывание содержания в образ облегчает его дальнейшее развертывание в развернутое рассуждение. Он также отмечает, что «визуализация как средство образного мышления: способствует восприятию и усвоению материала; активизирует умственную деятельность; позволяет глубже понять сущность явлений» [10, с. 163]. Применительно к аналитической геометрии это означает следующее. Интерактивный образ поверхности второго порядка, построенный студентом самостоятельно при динамическом изменении параметров, закрепляется в сознании прочнее, чем статичный чертеж, перерисованный с доски.

Данное понимание согласуется с задачами формирования пространственного мышления – способности оперировать пространственными образами, критически важной для успешного освоения инженерных дисциплин [11].

### *GeoGebra и авторские HTML-страницы в изучении кривых и поверхностей второго порядка (инструментально-процессуальный блок модели)*

Интерактивная геометрическая система GeoGebra предоставляет преподавателю возможность строить трехмерные модели поверхностей второго порядка с параметрами, заданными в виде управляемых слайдеров, и демонстрировать студентам изменение формы объекта в реальном времени. В отличие от статичного изображения, динамическая модель позволяет показать, например, непрерывный переход эллипсоида в сферу при выравнивании полуосей; вырождение однополостного гиперболоида в конус; изменение эксцентриситета эллипса при изменении соотношения полуосей; поведение поверхности при обращении одного из коэффициентов в ноль. Исследования показывают, что использование программного обеспечения для динамической геометрии (Dynamic Geometry Software или DGS), в частности GeoGebra, повышает интерес студентов к геометрии и улучшает понимание сложных теорем [12; 13]. В российском образовательном пространстве накоплен положительный опыт применения GeoGebra в школе и вузе [14; 15]. Однако большинство работ ориентировано на планиметрию или стандартные задачи; целенаправленное использование 3D-возможностей GeoGebra для изучения поверхностей второго порядка в инженерных группах освещено недостаточно.

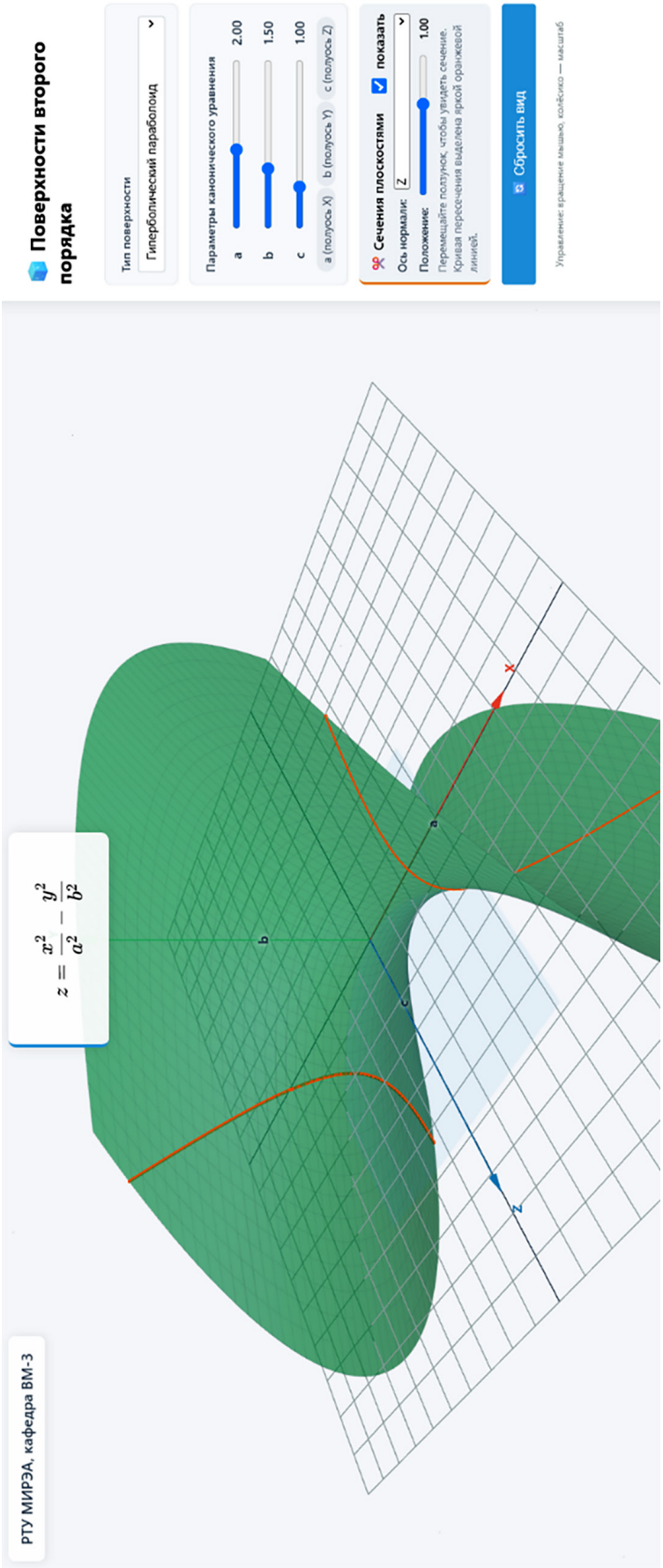



*Рис. 2. Скриншот HTML страницы с визуализацией поверхности второго порядка*
*Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования*

**Таблица 2**

Дидактические кейсы использования GeoGebra и авторских HTML-страниц при изучении кривых и поверхностей второго порядка

| Функциональная возможность визуализации | Дидактическое применение | Пример задания |
|---|---|---|
| GeoGebra 3D: Динамическое варьирование параметров канонического уравнения (интерактивные слайдеры *a*, *b*, *c*) | Наблюдение непрерывной трансформации формы поверхности (эллипсоид → сфера; однополостный гиперболоид → конус → двуполостный гиперболоид) для понимания роли коэффициентов и границ между типами поверхностей | «Изменяя параметр *c* в уравнении однополостного гиперболоида, зафиксируйте момент вырождения поверхности в конус. Сформулируйте гипотезу о связи знака параметра с типом поверхности и проверьте ее аналитически» |
| GeoGebra: траектория точки и анимация параметра | Изучение кривых как траекторий движения; параметрическое задание; связь с физическими процессами | Построение эллипса как траектории точки, движущейся согласно параметрическим уравнениям $x = a\cos t; y = b\sin t$. Изменяя значения параметров *a* и *b*, исследовать изменение эксцентриситета |
| GeoGebra 3D: построение поверхности по уравнению | Демонстрация формы поверхности при разных значениях коэффициентов; сопоставление канонического и общего уравнения | Преподаватель вводит уравнение эллипсоида с параметрами *a, b*, *c*, управляемыми слайдерами. Студенты наблюдают, как изменение полуосей влияет на сжатие/растяжение и приближение к сфере |
| Построение сечений поверхности координатными и произвольными плоскостями | Установление связи между пространственным объектом и плоскими кривыми второго порядка (эллипс, парабола, гипербола); формирование умения переходить между размерностями | «Постройте в GeoGebra семейство горизонтальных сечений эллиптического параболоида $z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$ при разных *z*, выведите уравнение сечения самостоятельно и сверьте с построением» |
| GeoGebra: динамические сечения плоскостями | Визуализация метода сечений для определения типа поверхности; связь с кривыми второго порядка на плоскости | Для гиперболического параболоида (седловая поверхность) демонстрируются горизонтальные и вертикальные сечения. Студенты видят, что горизонтальные сечения – гиперболы, вертикальные – параболы, что помогает запомнить классификацию |
| Визуализация поворота координатных осей при приведении уравнения кривой/поверхности к каноническому виду | Наглядная демонстрация геометрического смысла ортогонального преобразования координат и связи с собственными векторами матрицы квадратичной формы | HTML-страница синхронно показывает график кривой общего вида $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Fy = 0$ и ее канонический вид после поворота на угол, вычисленный через собственные значения матрицы формы |
| Пошаговый интерактивный алгоритм классификации поверхности по инвариантам | Развитие алгоритмического и критического мышления: студент последовательно проверяет инварианты уравнения и сопоставляет вывод с визуальным образом | «Определите тип поверхности по уравнению без построения, обоснуйте вывод через инварианты, а затем проверьте результат визуализацией в GeoGebra» |
| HTML-страница (Three.js): интерактивное вращение и масштабирование | Свободное исследование 3D-объекта с любого ракурса; развитие пространственного воображения. | На странице загружена модель однополостного гиперболоида. Студенты с помощью мыши вращают модель, увеличивают отдельные участки, включают/выключают каркасное отображение. Задание: определить, при каких условиях гиперболоид становится конусом |
| HTML-страница: панель управления параметрами с числовым вводом | Экспериментальная работа: студент самостоятельно задает значения параметров, наблюдает изменение формы и делает выводы о классификации | Страница содержит поля для ввода коэффициентов общего уравнения второй степени. После ввода генерируется поверхность и автоматически распознается ее тип (эллипсоид, гиперболоид, параболоид и т. д.). Студент проверяет свои теоретические расчеты |

**Окончание табл. 2**

| Функциональная возможность визуализации | Дидактическое применение | Пример задания |
|---|---|---|
| GeoGebra + HTML: совместное использование на практическом занятии | Организация исследовательской работы в парах или малых группах; обсуждение результатов и защита выводов | Групповое задание: «Исследуйте влияние знака коэффициента при *xy* на форму поверхности, используя HTML-модель, и подготовьте краткое объяснение» |
| Интерактивные HTML-тренажеры для самопроверки (сопоставление изображения и уравнения) | Формирование навыка самоконтроля и самостоятельной работы вне аудитории; мгновенная обратная связь без участия преподавателя | Тренажер на авторской HTML-странице предлагает студенту сопоставить изображение поверхности с одним из четырех уравнений и объясняет ошибку при неверном выборе |
| Совместная работа с общим GeoGebra-файлом на лекции/практическом занятии | Развитие коммуникативной компетенции, навыков аргументации и коллективного обсуждения геометрической интерпретации алгебраического объекта | Групповое обсуждение: «Почему при данном соотношении параметров поверхность распадается на пару плоскостей?» – студенты выдвигают и совместно проверяют гипотезы у экрана |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Опыт создания подобных электронных пособий средствами GeoGebra описан, в частности, в работах А. В. Ушакова, посвященных визуализации свойств кривых второго порядка на примере эллипса [16], и Е. И. Егоровой, рассмотревшей применение пакета GeoGebra при изучении уравнений поверхностей второго порядка [17]. Авторы отмечают, что подготовленные преподавателем электронные материалы могут использоваться как для сопровождения лекции, так и в качестве самостоятельного задания на практическом занятии в компьютерном классе.

Наряду с готовыми апплетами GeoGebra практический интерес представляют авторские HTML-страницы, подготавливаемые преподавателем самостоятельно (в том числе на основе экспорта GeoGebra-конструкций в формат HTML5/JavaScript). Скриншот такой HTML страницы представлен на рис. 2. Такой подход обладает рядом методических преимуществ по сравнению с использованием только программы GeoGebra, поскольку материал может распространяться среди студентов как автономный файл, структура страницы и порядок подачи материала полностью определяются преподавателем и могут быть выстроены в соответствии с логикой конкретной лекции; в страницу могут быть встроены элементы самопроверки (интерактивные вопросы, сопоставление изображения и уравнения) и пошаговое раскрытие материала, недоступное в типовом апплете.

Совместное использование GeoGebra (для оперативной демонстрации и экспериментирования на занятии) и заранее подготовленных HTML-страниц (для самостоятельной работы студента вне аудитории) формирует целостную дидактическую среду, в которой визуализация выступает не иллюстрацией, а полноценным инструментом познания, проверки и опровержения гипотез о свойствах геометрического объекта.

Приведем примеры дидактических кейсов применения GeoGebra и авторских HTML-страниц при изучении темы «Кривые и поверхности второго порядка», направленные на формирование выделенных выше метапредметных компетенций (табл. 2).

Данные кейсы являются базовыми; в зависимости от уровня подготовки группы и времени занятия они могут комбинироваться и усложняться. Важным методическим приемом является использование обратного проектирования: студентам предлагается не только смотреть на готовые визуализации, но и самим создавать простые модели в GeoGebra (например, построить поверхность по заданному уравнению), что способствует более глубокому пониманию изучаемых объектов.

*Результаты педагогической апробации*

После трехлетней апробации разработанной методики были получены следующие результаты:

− В экспериментальных группах (с использованием визуализации) доля студентов, правильно определяющих тип поверхности по уравнению, увеличилась на 27 % по сравнению с контрольными группами (средний балл за контрольную работу по разделу повысился с 3,2 до 4,1 по 5-балльной шкале; различия между экспериментальными и контрольными группами статисти-

чески значимы при $p \leq 0{,}05$ по U-критерию Манна – Уитни).

− В анкетах 89 % студентов отметили, что интерактивные модели помогли им «увидеть» пространственные формы и снизили психологический барьер при работе с пространственными геометрическими образами.

− Преподаватели, участвовавшие в эксперименте, отметили рост заинтересованности студентов на практических занятиях, о чем свидетельствовало выросшее число вопросов, связанных с поиском причинно-следственных связей между параметрами уравнений, задающих кривые и поверхности и их геометрическими свойствами.

− Студенты стали чаще использовать инструменты 3D-графики при подготовке к контрольным работам и при выполнении индивидуальных домашних заданий.

В ходе реализации исследования авторы столкнулись с рядом методических трудностей. Во-первых, разработка качественных HTML-страниц требует от преподавателя навыков веб-программирования, что не всегда доступно. Решением данной проблемы стало создание библиотеки типовых шаблонов, которые могут быть адаптированы под конкретную тему без глубокого знания JavaScript. Во-вторых, некоторые студенты склонны воспринимать внедрение визуализации как игровой элемент, в результате чего упускается аналитическая составляющая занятия. Для предотвращения данного явления авторами разработана система заданий, предполагающих обязательный перевод визуальных наблюдений в аналитические выкладки (например, после изменения параметра студент должен записать новое уравнение и объяснить, как изменились фокусы или асимптоты).

С методической точки зрения наиболее важным результатом авторы считают смену роли преподавателя из традиционного «лектора-иллюстратора» в разработчика цифровых сред и модератора исследовательского процесса. Это соответствует современным трендам, зафиксированным в федеральных государственных образовательных стандартах и профессиональных стандартах педагога высшей школы.

## Заключение

Проведенное исследование подтвердило актуальность пересмотра методики преподавания раздела «Кривые и поверхности второго порядка» курса линейной алгебры и аналитической геометрии для студентов первого курса технического вуза в условиях цифровой трансформации образования.

1. Установлено содержательное соответствие между универсальными компетенциями ФГОС ВО и метапредметными математическими компетенциями международной рамочной модели SEFI. Показано, что визуализация кривых и поверхностей второго порядка непосредственно затрагивает такие компетенции, как математическое мышление, моделирование, представление объектов в разных формах, использование цифровых инструментов и коммуникация.

2. Разработана и детализирована структурно-функциональная модель применения средств компьютерной визуализации – GeoGebra и авторских HTML-страниц – в лекционных и практических занятиях. Модель включает конкретные дидактические кейсы: динамическое варьирование параметров уравнений, построение сечений поверхностей, визуализацию поворота осей при приведении уравнения к каноническому виду, пошаговую классификацию поверхности по инвариантам, интерактивную самопроверку и совместную работу с общим файлом на занятии.

3. Обоснована трансформация роли преподавателя – подготовка собственных интерактивных материалов (GeoGebra-конструкций и HTML-страниц) переводит его из демонстратора готовых чертежей в проектировщика учебной цифровой среды, в которой студент получает возможность самостоятельно экспериментировать с математическим объектом и проверять собственные гипотезы о его свойствах.

4. Проведена трехлетняя апробация разработанной модели в реальном учебном процессе РТУ МИРЭА (2023–2025 учебные годы, 363 студента, экспериментальные и контрольные группы). По результатам контрольных срезов и анкетирования установлено, что применение средств компьютерной визуализации повышает качество усвоения раздела «Кривые и поверхности второго порядка» в экспериментальных группах по сравнению с контрольными и способствует снижению психологического барьера при работе с пространственными геометрическими образами.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методики оценки уровня сформированности пространственных представлений с использованием визуализационных тестов (включая пре- и посттестирование), позволяющих точнее количественно оценить эффективность применения визуализации для формирования пространственного мышления студентов, созданием массового открытого банка интерактивных GeoGebra-апплетов и HTML-тренажеров по разделу «Кривые и поверхности второго порядка» и проведением более масштабного педагогического эксперимента на нескольких вузовских площадках.

## Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника: утв. приказом Минобрнауки РФ от 19.09.2017 № 929. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS %20VO %20 3++/Bak/090301_B_3_15062021.pdf (дата обращения: 10.05.2026).

2. Громыко Ю. В., Просекин М. Ю. Обучающая мыследеятельность нового поколения и базовые педагогические компетенции // Психолого-педагогические исследования. 2022. № 14 (2). С. 100–128. DOI: 10.17759/psyedu.2022140207.

3. Хуторской А. В. Метапредметный подход в обучении: Научно-методическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Эйдос»; Издательство Института образования человека, 2016. 80 с. ISBN 978-5-904329-73-0.

4. Зимняя И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. 42 с. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/npo/20120325214132.pdf (дата обращения: 12.05.2026).

5. Alpers B., Demlova M., Fant C.-H., Gustafsson T., Lawson D., Mustoe L., Olsson-Lehtonen B., Robinson C., Velichova D. A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. – Brussels: European Society for Engineering Education (SEFI), 2013. 78 p. ISBN 978-2-87352-007-6.

6. Sweller J., Van Merriënboer J. J. G., Paas F. Cognitive architecture and instructional design: 20 years later // Educational Psychology Review. 2019. Vol. 31. Is. 2. P. 261–292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5.

7. Clark J. M., Paivio A. Dual coding theory and education // Educational Psychology Review. 1991. Vol. 3. Is. 3. P. 149–210. DOI: 10.1007/bf01320076.

8. Mayer R. E. The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning // Educational Psychology Review. 2024. Vol. 36. Art. 8. DOI: 10.1007/s10648-023-09842-1.

9. Авербух В. Л., Авербух Н. В., Васев П. А., Гвоздарев И. Л., Левчук Г. И., Мелкозеров Л. О. Визуализация программного обеспечения на базе средств виртуальной реальности геопространственных данных. Обзор и перспективы разработки // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 1. С. 195–210. DOI: 10.18799/24131830/2020/1/2461. EDN: MKMWCX.

10. Вербицкий А. А. Теория и технологии контекстного образования; Московский педагогический государственный университет. М.: Московский педагогический государственный университет, 2017. 266, [1] с. ISBN 978-5-4263-0384-3. EDN: LATCHI.

11. Шавелкова В. В. Развитие пространственного мышления у студентов с помощью CAD и 3D-моделирования // Актуальные исследования. 2023. № 38–2 (168). С. 74–80. URL: https://apni.ru/uploads/ai_38_2_2023_sv.pdf (дата обращения: 12.05.2026).

12. Власов Д. А., Синчуков А. В. Модернизация методических систем преподавания математических дисциплин на основе GeoGebra // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2020. Т. 16. № 1. С. 187–197. DOI: 10.25559/SITITO.16.202001.187-197. EDN: OMNNKR.

13. Bhagat K. K., Chang C. Y. Incorporating GeoGebra into Geometry Learning – A Lesson from India // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2015. Vol. 11. Is. 1. P. 77–86. DOI: 10.12973/eurasia.2015.1307a.

14. Ziatdinov R., Rakuta V. M. Dynamic Geometry Environments as a Tool for Computer Modeling in the System of Modern Mathematics Education // European Journal of Contemporary Education. 2012. Vol. 1. Is. 1. P. 93–100. DOI: 10.13187/ejced.2012.1.93.

15. Шабалина М. Р. Применение компьютерной среды GeoGebra при исследовании поверхностей второго порядка методом параллельных сечений // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2018. № 20. С. 328–334. EDN: YWNQNC. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32827349_18133675.pdf (дата обращения: 12.05.2026).

16. Ушаков А. В. Использование программы GeoGebra для визуализации свойств кривых второго порядка // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4–3 (58). С. 63–67. DOI: 10.23670/IRJ.2017.58.160.

17. Егорова Е. И. Использование пакета GEOGEBRA в изучении уравнений поверхностей второго порядка // Концепт. 2016. Т. 43. С. 119–125. URL: http://e-koncept.ru/2016/76434.htm (дата обращения: 12.05.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 374.73
DOI

CC BY 4.0

# ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ НЕФОРМАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ВЗРОСЛЫХ В ОБЛАСТИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ

**Родионова В. А. ORCID ID 0000-0002-0818-8832,**
**Кравцов А. О. ORCID ID 0000-0002-6890-7675**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена», Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: virodion@yandex.ru*

Здоровьесбережение взрослого населения России – одна из ключевых проблем социальной и демографической политики, решение которой может быть связано в том числе с образованием. Неформальное образование рассматривается как потенциально значимый инструмент, однако его возможности в сфере здоровьесбережения остаются недостаточно изученными, особенно в гендерном аспекте. Цель исследования – выявить гендерные особенности неформального образования взрослых в сфере здоровьесбережения на примере выборки магистрантов университета и определить перспективные направления их учета при разработке образовательных программ. Исследование носило смешанный характер, включало контент-анализ научных публикаций и онлайн-опрос 69 респондентов (22 мужчины, 47 женщин) – магистрантов Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. В результате зафиксированы предварительные тенденции в гендерных различиях здоровьесберегающих практик. Женщины чаще демонстрируют комплексный подход (питание, витамины, управление стрессом) и предпочитают межличностные каналы информации, мужчины делают акцент на физической активности и научно-популярных источниках. Обе группы активно используют социальные сети. Выявлена недооценка практической ценности знаний о здоровье, что указывает на разрыв между когнитивным и поведенческим компонентами здоровьесберегающих компетенций. На основе данных сформулированы гипотезы о возможных гендерных предпочтениях в форматах неформального образования, требующие верификации на репрезентативной выборке. Результаты свидетельствуют о необходимости учета гендерных особенностей при проектировании образовательных форматов. Перспективы исследования связаны с изучением роли неформального образования в сфере здоровьесбережения для разных возрастных групп взрослых – от молодежи до людей среднего и пожилого возраста, а также с апробацией пилотных программ, разработанных с учетом выявленных тенденций.

**Ключевые слова: неформальное образование, здоровьесбережение, образование взрослых, гендерные различия, здоровый образ жизни**

# GENDER ASPECTS OF NON-FORMAL ADULT EDUCATION IN THE FIELD OF HEALTH PRESERVATION

**Rodionova V. A. ORCID ID 0000-0002-0818-8832,**
**Kravtsov A. O. ORCID ID 0000-0002-6890-7675**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen", Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: virodion@yandex.ru*

Health preservation among the adult population of Russia remains a key challenge in social and demographic policy, the solution of which may be partly linked to education. Non-formal education is considered as a potentially significant tool; however, its potential in the field of health preservation remains insufficiently explored, particularly in its gender dimension. The aim of the study is to identify gender-specific characteristics of non-formal health-preserving education among adults, using a sample of university master's students, and to determine promising directions for incorporating these characteristics into the design of educational programs. The study employed a mixed-methods design, including a content analysis of academic publications and an online survey of 69 respondents (22 males, 47 females) – master's students at Herzen State Pedagogical University of Russia. Preliminary trends in gender differences of health-preserving practices were identified. Women are more likely to demonstrate a comprehensive approach (nutrition, vitamin intake, stress management) and prefer interpersonal channels of information, while men tend to emphasize physical activity and popular science sources. Both groups actively use social media. An underestimation of the practical value of health-related knowledge was revealed, indicating a gap between the cognitive and behavioral components of health-preserving competencies. Based on the data, hypotheses were formulated regarding possible gender preferences in non-formal education formats, which require verification on a representative sample. The results indicate the need to consider gender characteristics when designing educational formats. Future research directions include exploring the role of non-formal education in health preservation across different adult age groups – from young adults to middle-aged and older populations – as well as piloting educational programs informed by the identified trends.

**Keywords: non-formal education, health preservation, adult education, gender differences, healthy lifestyle**

**Введение**

Сбережение здоровья взрослого населения России остается одной из ключевых проблем социальной и демографической политики государства. В стратегических государственных документах Российской Федерации (Национальная стратегия действий в интересах женщин на 2023–2030 гг. [1], Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики до 2036 г. [2] и др.) нашли свое отражение не только цели по увеличению продолжительности жизни и укреплению здоровья граждан, но и аспекты, связанные с активным долголетием мужчин и женщин. Существование устойчивых гендерных различий в продолжительности жизни, заболеваемости и подходах к выбору технологий здоровьесбережения не вызывает сомнений: согласно исследовательским данным, женщины живут дольше, но чаще страдают от хронических заболеваний; мужчины имеют более высокие показатели смертности, но реже обращаются за медицинской помощью и реже участвуют в профилактических программах [3]. Эти различия во многом обусловлены социальными нормами, ролевыми ожиданиями и гендерными стереотипами, которые формируют отношение к здоровью и предопределяют реализуемые представителями разных полов стратегии его сохранения. Особую роль в этом аспекте играет образование как институт формирования необходимых компетенций.

В ряде исследований высказывается предположение, что система формального образования, ориентированная преимущественно на трансляцию универсальных знаний, в меньшей степени учитывает социокультурные контексты, включая гендерные аспекты восприятия и поведения [4]. Однако, как отмечается в литературе, сравнительные данные о результативности формальных и неформальных программ в этой области остаются ограниченными. Гибкие, контекстно-зависимые форматы, в том числе неформальные, предположительно могут способствовать изменению поведенческих практик взрослых [5, 6], но выводы об их эффективности требуют дальнейшей проверки. Образовавшийся разрыв между знаниевой составляющей и реальными поведенческими практиками может быть частично сокращен за счет потенциала неформального образования, однако это предположение нуждается в эмпирической верификации. Важным аспектом этого разрыва является недостаточный уровень грамотности взрослых в вопросах здоровья [7], а также специфика онлайн-поиска информации, которая различается в зависимости от пола и возраста [8]. Неформальное образование обладает уникальным набором качеств: гибкостью, индивидуализацией, практической направленностью, добровольностью, социальной вовлеченностью и доступностью для взрослых на разных этапах жизненного пути. Одним из наиболее значимых и недостаточно изученных аспектов является гендерный фактор: исследования фиксируют, что мужчины и женщины демонстрируют разные стратегии участия в неформальном образовании, что делает актуальным учет гендерных различий при проектировании образовательных форматов [9]. Теоретическим обоснованием для анализа поведенческих изменений в настоящем исследовании выступает транстеоретическая модель изменения поведения (TTM), которая описывает последовательные этапы готовности индивида к трансформации своих привычек – от отсутствия намерения до устойчивого поддержания нового поведения [10]. Данная модель неоднократно подтвердила свою эвристическую ценность в исследованиях здоровьесберегающего поведения, включая физическую активность, питание и отказ от вредных привычек.

В российской исследовательской традиции указанная проблематика пока не получила целостного теоретического осмысления. Большинство исследований носят прикладной характер и сконцентрированы на гендерных особенностях отношения к проблеме [11, 12]. Исследования фиксируют, что существующие представления о маскулинности препятствуют обращению мужчин за медицинской помощью и участию в профилактических программах [13, 14], тогда как женщины больше заботятся о здоровье всех членов семьи, организуют профилактические мероприятия и ориентированы на реализацию членами семьи здорового образа жизни [15, 16]. В классической андрагогике признается ключевая роль неформального образования в трансформации поведенческих паттернов взрослых. Вместе с тем гендерное измерение в этих подходах, как правило, остается имплицитным, не становясь предметом целенаправленного анализа. Д. С. Бурхан и Н. В. Попова [17] в своей работе, посвященной общим аспектам гендерного образования, ставят вопрос о возможных рисках применения гендерно нейтральных стратегий, которые могут не учитывать дифференцированные образовательные потребности мужчин и женщин. Однако данное исследование не содержит данных о влиянии таких стратегий на эффективность неформального образования взрослых, что оставляет указанный вопрос открытым для дальнейшего изучения. Накопленные данные позволяют предположить, что дело не в наличии гендерной

маркировки программ, а в том, какие именно гендерные модели транслируются. В некоторых подходах ставится вопрос о том, что ориентация на трансформацию гендерных норм может обладать потенциалом в изменении поведенческих установок в сфере здоровья [18], однако эмпирических подтверждений этой гипотезы применительно к неформальному образованию взрослых недостаточно.

Для системной оценки результативности подобных вмешательств в данной работе использована модель Киркпатрика [19], позволяющая провести оценку на четырех уровнях: реакция участников, прирост знаний, изменение поведения и практические результаты. Данная модель выбрана как наиболее релевантная для анализа образовательных программ, нацеленных не только на информирование, но и на долгосрочные поведенческие изменения.

Зарубежные исследования фрагментарны и сфокусированы преимущественно на репродуктивном здоровье и профилактике ВИЧ [20, 21]. Важнейшими ориентирами при проектировании образовательных программ выступают подходы, реализуемые в рамках образования по жизненным навыкам (Life Skills-Based Education, LSBE) и комплексного полового просвещения (Comprehensive Sexuality Education, CSE), методологический потенциал которых может быть адаптирован для взрослой аудитории. Сравнительные исследования моделей неформального образования в сфере здоровьесбережения в России и Китае выявляют как общие вызовы, так и специфические институциональные решения, которые могут быть адаптированы для взрослой аудитории [22]. В исследовании H. Wang и коллег [23] на примере обучения танцам были выявлены положительные корреляции между участием в неформальных образовательных практиках и показателями здоровья женщин. Полученные ассоциации свидетельствуют о потенциальной целесообразности учета гендерных факторов, однако выводы об эффективности требуют проверки в исследованиях с экспериментальным дизайном. В российском контексте эмпирические данные также свидетельствуют о выраженных гендерных различиях в практиках заботы о здоровье [24]. Однако потенциал неформального образования с учетом гендерной специфики взрослых остается недостаточно раскрытым как в зарубежной, так и в отечественной литературе, что определяет проблемное поле настоящей работы.

Таким образом, несмотря на отдельные работы, системных исследований гендерных аспектов неформального образования взрослых недостаточно.

**Цель исследования** – выявить гендерные особенности неформального образования взрослых в сфере здоровьесбережения на примере выборки магистрантов университета и определить перспективные направления их учета при разработке образовательных программ.

## Материалы и методы исследования

Исследование носило смешанный (количественно-качественный) характер и проводилось в три этапа: поисковый (контент-анализ научных публикаций), основной (онлайн-опрос) и аналитический (статистическая обработка данных). Контент-анализ проводился по 24 научным публикациям, отобранным из баз данных eLibrary, Scopus и Web of Science за период 2021–2025 гг. Критерии отбора: наличие в названии или ключевых словах терминов «неформальное образование», «гендер», «здоровьесбережение», «здоровый образ жизни»; публикации в рецензируемых журналах; наличие эмпирических данных или теоретического анализа. Процедура контент-анализа включала выделение категорий (гендерные стереотипы, образовательные предпочтения, барьеры участия), кодирование текстов и обобщение результатов. Полученные категории легли в основу разработки опросного инструментария.

Теоретической основой для анализа поведенческих практик респондентов послужила транстеоретическая модель изменения поведения (TTM), которая описывает этапы готовности индивида к изменению своих привычек – от предобдумывания до поддержания нового поведения. Выбор данной модели обусловлен ее подтвержденной результативностью в исследованиях здоровьесберегающего поведения, включая физическую активность, питание и отказ от вредных привычек.

Опрос проводился в феврале – марте 2026 г. с использованием сервиса Яндекс.Формы. В анкетировании приняли участие 69 респондентов (22 мужчины, 31,9 %; 47 женщин, 68,1 %) – магистрантов Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена (средний возраст – 23,2 года). Выборка формировалась методом удобной доступности (все желающие из числа магистрантов очной формы обучения). Участие было добровольным и анонимным.

Анкета включала закрытые и полузакрытые вопросы, сгруппированные в шесть содержательных блоков: понимание здоровья (открытый вопрос о его дефиниции, закрытый – о факторах, влияющих на него); факторы здоровья (оценка по 5-балльной шкале Лайкерта значимости различных факторов: образ жизни, стресс, генетика,

вредные привычки, знания о здоровье); практики здоровьесбережения (выбор из списка регулярных практик: физическая активность, сбалансированное питание, прием витаминов, соблюдение режима сна, практики для психического здоровья, отсутствие практик); информационное поведение (выбор источников информации о здоровье из предложенного списка: социальные сети, врачи/специалисты, друзья/семья, личный опыт, научно-популярные сайты); образовательные предпочтения (оценка полезности просветительских мероприятий по дихотомической шкале «полезны/бесполезны», выбор наиболее эффективных форматов из списка: лекции специалистов, медиаконтент, обмен опытом, челленджи, клубные объединения); контекстные факторы самочувствия (оценка влияния учебной нагрузки, финансов, сна, питания, отношений, физической активности, цифровой нагрузки по 5-балльной шкале Лайкерта).

Полузакрытые вопросы обрабатывались путем кодирования свободных ответов с последующим объединением в категории. Для закрытых вопросов применялся расчет частотных распределений. Сравнение групп по полу проводилось с помощью описательной статистики (процентных долей и средних баллов). Статистическая проверка значимости различий не проводилась ввиду небольшого размера выборки и ее нерепрезентативного характера; все различия интерпретируются как наблюдаемые в данной выборке, требующие дальнейшей проверки на более крупных выборках.

Для оценки потенциальной результативности образовательных вмешательств в качестве методологической рамки использовалась модель Киркпатрика [19], позволяющая провести оценку на четырех уровнях: реакция участников, прирост знаний, изменение поведения и практические результаты.

Анкета прошла пилотное тестирование (n = 15), по результатам которого были скорректированы формулировки вопросов.

*Ограничения исследования.* Ввиду небольшого размера выборки (n = 69), дисбаланса по полу (женщин почти вдвое больше), локализации в одном университете, отсутствия репрезентативности, самоотчетного характера данных и отсутствия проверки причинности, все выводы носят предварительный характер и требуют подтверждения на более крупных и репрезентативных выборках с применением методов статистического вывода.

## Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного анкетирования получены данные о наблюдаемых гендерных различиях в отношении к здоровью, практиках его сбережения и предпочтениях в области неформального образования у взрослых.

*Гендерные различия в восприятии здоровья.* Мужчины дают более прагматичные определения здоровья («хорошее самочувствие» – 22 % против 15 % у женщин) и чаще затрудняются с ответом (11 % против 6 %), тогда как женщины связывают здоровье с комплексным благополучием и способностью выдерживать нагрузки (13 % против 6 %). Образ жизни признан ведущим фактором обеими группами (89 % мужчин, 87 % женщин), однако женщины чаще указывают стресс (79 % против 72 %) и генетику (77 % против 67 %), а мужчины – вредные привычки (67 % против 62 %). Наименее значимым фактором для обеих групп оказались знания о здоровье (50 % мужчин, 58 % женщин), что указывает на недооценку образовательного потенциала в здоровьесбережении.

*Гендерные различия в практике здоровьесбережения.* Как показано в табл. 1, в рамках анкетирования зафиксированы предварительные тенденции, отражающие особенности выборки (магистранты педагогического вуза, n = 69). Мужчины чаще указывали на практику физической активности (72 % против 47 % у женщин), однако почти втрое чаще женщин заявляли об отсутствии каких-либо регулярных здоровьесберегающих практик (17 % против 6 %). Женщины чаще отмечали контроль за питанием (64 % против 44 %) и прием витаминов (53 % против 28 %).

На основе этих данных мы выделили две условные модели поведения, которые требуют проверки на репрезентативной выборке. Модель, чаще наблюдаемая у мужчин (обозначена как «спортивная»), характеризуется признанием ценности физической активности при относительно меньшем внимании к питанию и витаминной поддержке. Модель, чаще наблюдаемая у женщин (обозначена как «комплексная»), характеризуется вниманием к сбалансированному питанию, регулярному приему витаминов, организации рационального режима дня, а также более выраженной субъективной оценкой ответственности за состояние собственного здоровья. В силу ограниченности выборки данные модели не могут рассматриваться как устойчивые гендерные профили. Они представляют собой исследовательские гипотезы, требующие эмпирической верификации на более широкой и разнородной по возрасту и профессиональному статусу выборке.

**Таблица 1**

Гендерные различия в регулярных практиках здоровьесбережения (в %)

| Практика | Мужчины (%) | Женщины (%) | Разрыв (п. п.) | Доминирующий гендер |
|---|---|---|---|---|
| Физическая активность | 72 | 47 | +25 | Мужчины |
| Соблюдение режима сна | ~50 | ~50 | 0 | Равно |
| Сбалансированное питание | 44 | 64 | -20 | Женщины |
| Прием витаминов и БАДов | 28 | 53 | -25 | Женщины |
| Практики для психического здоровья | 44 | 28 | +16 | Мужчины |
| Отсутствие каких-либо практик | 17 | 6 | +11 | Мужчины |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 2**

Сравнительный анализ отношения к здоровьесберегающему образованию и предпочитаемым форматам (в % от опрошенных)

| Параметр | Мужчины (%) | Женщины (%) | Ключевое различие |
|---|---|---|---|
| 1. Отношение к теме здоровья | | | |
| Тема неинтересна | 17 | 2 | Мужчины в 8 раз чаще |
| Интересуются от случая к случаю | 35 | 60 | Женщины стабильнее |
| Интересуются регулярно | 20 | 23 | Полярность мужских ответов |
| 2. Предпочитаемые источники | | | |
| Социальные сети | 61 | 57 | Лидер для обеих групп |
| Врачи/специалисты | 61 | 51 | Мужчины чаще доверяют экспертам |
| Друзья/семья | 44 | 57 | Женщины чаще выбирают межличностное общение |
| Личный опыт (пробы и ошибки) | 50 | 34 | Мужчины чаще опираются на самостоятельный поиск |
| Научно-популярные сайты | 33 | 19 | Мужчины чаще используют аналитические источники |
| 3. Отношение к просветительским мероприятиям | | | |
| Считают мероприятия полезными | 39 | 53 | Женщины оценивают выше |
| Считают бессмысленными | 11 | 4 | Мужчины критичнее |
| 4. Чаще выбираемые форматы | | | |
| Лекции специалистов | 67 | 58 | Чаще выбираются мужчинами |
| Просмотр медиаконтента | 56 | 47 | Чаще выбирается мужчинами |
| Обмен опытом | 44 | 47 | Равно значим |
| Челленджи и мероприятия | 39 | 34 | Чаще выбирается мужчинами |
| Клубные объединения | 28 | 13 | Чаще выбирается мужчинами |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

*Гендерные предпочтения в неформальном образовании.* Сравнительный анализ отношения к здоровьесберегающему образованию и предпочитаемым форматам (табл. 2) показывает, что для женщин эта тема органично встроена в повседневную рутину (только 2 % считают ее неинтересной), тогда как каждый пятый мужчина не проявляет к ней интереса (17 %). Мужчины чаще ориентируются на личный опыт (50 % против 34 %) и научно-популярные сайты (33 % против 19 %), женщины – на общение с семьей и друзьями (57 % против 44 %). Обе группы лидирующим источником информации о практиках здоровьесбережения называют социальные сети (61 % мужчин и 57 % женщин), при этом мужчины указывают их несколько чаще.

**Таблица 3**

Факторы, влияющие на самочувствие (средние баллы по 5-балльной шкале)

| Фактор | Мужчины | Женщины | Разница |
|---|---|---|---|
| Учебная нагрузка | 3,3 | 4,0 | Женщины чувствуют нагрузку сильнее |
| Финансовая ситуация | 3,8 | 3,8 | Одинаково |
| Качество сна | 4,3 | 4,3 | Одинаково |
| Питание | 4,2 | 4,0 | Важнее для мужчин |
| Отношения с друзьями | 2,9 | 3,2 | Важнее для женщин |
| Отношения с преподавателем | 3,2 | 3,2 | Одинаково |
| Физическая активность | 3,7 | 3,8 | Одинаково |
| Цифровая нагрузка | 3,4 | 3,4 | Одинаково |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Женщины, в свою очередь, активнее используют межличностное общение, тогда как мужчины чаще опираются на самостоятельный поиск и научно-популярные источники.

*Факторы, влияющие на самочувствие.* Как показано в табл. 3, качество сна – критический фактор для обеих групп (4,3 балла из 5). В данной выборке женщины оценили влияние учебной нагрузки на самочувствие выше (4,0 против 3,3 у мужчин), что может указывать на необходимость включения в программы неформального образования модулей по тайм-менеджменту и стрессоустойчивости. Питание несколько более значимо для мужчин, отношения с друзьями – для женщин.

## Заключение

Проведенное исследование на выборке магистрантов (n = 69) позволило выявить следующие наблюдаемые различия, связанные с полом респондентов. В практике здоровьесбережения мужчины чаще женщин указывают физическую активность (72 % против 47 %) и почти втрое чаще – отсутствие каких-либо регулярных практик (17 % против 6 %). Женщины чаще следят за питанием (64 % против 44 %) и принимают витамины (53 % против 28 %). Качество сна признано критическим фактором самочувствия для обеих групп (4,3 балла из 5), при этом в данной выборке женщины оценили учебную нагрузку выше (4,0 против 3,3 у мужчин).

В информационном поведении выявлены различия в предпочитаемых источниках: женщины чаще используют межличностное общение (57 % против 44 % у мужчин), мужчины чаще опираются на личный опыт (50 % против 34 %) и научно-популярные сайты (33 % против 19 %). Обе группы активно обращаются к социальным сетям (61 % мужчин, 57 % женщин). Лекции специалистов и медиаконтент чаще назывались респондентами как потенциально результативные форматы; мужчины проявляют более высокий интерес к клубным форматам (28 % против 13 % у женщин). Наименее значимым фактором, влияющим на здоровье, для обеих групп оказались знания о здоровье (50 % мужчин и 58 % женщин), что свидетельствует о недооценке образовательного потенциала.

На основе полученных данных можно сформулировать следующие гипотезы для дальнейших исследований и пилотных проектов:

– Для мужчин может быть целесообразно апробировать программы с акцентом на практическую пользу, связь физической активности и питания, с использованием клубных форматов и соревновательных элементов.

– Для женщин может быть продуктивным создание пространств для обмена опытом, активное использование социальных сетей и включение блоков по тайм-менеджменту и стрессоустойчивости.

– В качестве форматов, одинаково перспективных для обеих групп, могут выступать лекции специалистов и медиаконтент.

*Ограничения исследования* (малая выборка, дисбаланс по полу, локализация в одном вузе, самоотчетный характер данных) не позволяют делать статистически значимые выводы для генеральной совокупности. Полученные различия требуют проверки на более крупных и репрезентативных выборках с применением методов статистического вывода. Перспективы исследования связаны с апробацией пилотных программ, разработанных с учетом выявленных профилей, и изучением гендерных аспектов неформального образования в сфере здоровьесбережения для разных возрастных групп взрослых – от молодежи до людей среднего и пожилого возраста.

## Список литературы


1. Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2022 г. № 4356-р «Об утверждении Национальной стратегии действий в интересах женщин на 2023–2030 годы». [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405965441/ (дата обращения: 28.06.2026).

2. Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики до 2036 года. [Электронный ресурс]. URL: https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-15032025-n-615-r-ob-utverzhdenii/ (дата обращения: 28.06.2026).

3. Камалов А. А., Божедомов В. А., Габбасова Л. А., Нестерова О. Ю., Драпкина О. М. Гендерные различия в здоровье, развитии болезней, продолжительности жизни и подходы к выбору технологий здоровьесбережения // Вестник Российской академии наук. 2025. Т. 95. № 1. С. 75–85. DOI: 10.7868/S3034520025010079.

4. Robone S. Gender-Specific Analysis of Self-Reported Health and Educational Mismatch: Evidence from Employees in Russia // Social Indicators Research. 2025. Vol. 177. P. 763–786. DOI: 10.1007/s11205-025-03540-x.

5. Родионова В. А. Проблемы реализации неформального образования взрослых в области здоровьесбережения // Современные проблемы науки и образования. 2026. № 2. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=34486 (дата обращения: 28.06.2026). DOI: 10.17513/spno.34486.

6. OECD. Giving Informal Learning the Recognition it Deserves. Paris: OECD Publishing, 2026. 145 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.oecd.org/en/publications/giving-informal-learning-the-recognition-it-deserves_63eda72e-en.html (дата обращения: 28.06.2026). DOI: 10.1787/63eda72e-en.

7. Лопатина М. В., Кригер Е. А., Зиновьева В. А., Глуховская С. В., Репкина Т. В., Гатаулина О. В., Яковлева В. А., Низовцева Т. Р., Старовойтов М. Л., Баланова Ю. А., Имаева А. Э., Максимов С. А., Муромцева Г. А., Кудрявцев А. В., Концевая А. В., Драпкина О. М. Грамотность взрослого населения в вопросах вакцинации: результаты исследования в трех регионах Российской Федерации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2025. Т. 24. № 12. С. 42–51. DOI: 10.15829/1728-8800-2025-4566.

8. Максименко А. А., Богдан И. В., Золотарева А. А., Горносталев М. Д. Онлайн-грамотность населения России в вопросах информации о здоровье // Социальные аспекты здоровья населения. 2025. Т. 71. № 4. С. 10. DOI: 10.21045/2071-5021-2025-71-4-10.

9. Баскакова М. Е., Чубарова Т. В. Непрерывное образование в России как механизм воспроизводства человеческого потенциала: гендерный аспект // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 4. С. 169–184. DOI: 10.15838/esc.2021.4.76.10.

10. Mizuno A., Kaneko H., Suzuki Y., Okada A., Takeda N., Morita H., Fujiu K., Node K., Yasunaga H., Komuro I. Enduring Relevance of the Stages of Change Model for Transforming Lifestyle Behaviors // Circulation Journal. 2023. Vol. 87. Is. 8. P. 1138–1142. DOI: 10.1253/circj.CJ-23-0292.

11. Ретивина В. В. Отношение современных студентов к проблеме сохранения здоровья: гендерный аспект // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2022. Т. 14. № 4. С. 174–180. DOI: 10.47370/2078-1024-2022-14-4-174-180.

12. Ельникова О. Е., Колосова И. Г. Отношение к болезни у юношей и девушек с различной гендерной идентичностью // Научно-педагогическое обозрение (Scientific Pedagogical Review). 2023. № 5 (51). С. 187–194. DOI: 10.23951/2307-6127-2023-5-187-194.

13. Лемиш В. В. Системный анализ социальных представлений о здоровье у мужчин на разных этапах взрослости // Системная психология и социология. 2022. № 1 (41). С. 30–47. DOI: 10.25688/2223-6872.2022.41.1.3.

14. Танатова Д. К., Королев И. В., Леонтьева Т. В. Социокультурные установки и повседневные практики мужчин по сохранению здоровья // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. 2026. Т. 19. № 1. С. 103–124. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnye-ustanovki-i-povsednevnye-praktiki-muzhchin-po-sohraneniyu-zdorovya (дата обращения: 29.06.2026). DOI: 10.31660/1993-1824-2026-1-103-124.

15. Воронова К. А., Кетов И. В. Социальное положение женщин в современном российском обществе через призму социокультурных гендерных ценностей и норм // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2025. № 3. С. 459–474. DOI: 10.17072/2078-7898/2025-3-459-474.

16. Лопатина М. В., Усова Е. В., Концевая А. В., Ипатов П. В., Драпкина О. М. «Женщина – модель здоровья»: федеральный проект по повышению грамотности населения в вопросах здоровья // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023. Т. 22. № 5. С. 3585. DOI: 10.15829/1728-8800-2023-3585. EDN: ZUOEQS.

17. Бурхан Д. С., Попова Н. В. Стереотипы и проблемы гендерного образования // Инновационный потенциал молодежи: спорт, культура, образование: материалы конференции. Екатеринбург, 2022. С. 137–142. URL: https://elibrary.ru/item.asp?edn = diocyh (дата обращения: 28.06.2026). EDN: DIOCYH.

18. How to Design Gender Transformative Programs // Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://publichealth.jhu.edu/course/37963 (дата обращения: 15.07.2026).

19. Pasarica M., Daly K., Yalim A. C., Kay D., DeLeon A., Neely L. C., Díaz D. A., Bailey M. Long-Term Impact of an Interprofessional Health Promotion Curriculum in Healthcare Students // Medical Science Educator. 2025. Vol. 35. Is. 3. P. 1529–1536. DOI: 10.1007/s40670-025-02347-2.

20. Sridhar A., Klein J. D. Comprehensive Sexuality Education, Healthcare Professional Associations, and the Future of the World's Youth // Journal of Adolescent Health. 2025. Vol. 76. № 5. P. 757–760. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2025.02.002.

21. Rocha K. A. A., Rocha D. M., Antonini M., Elias H. C., Gir E., Reis R. K. Educational technologies to promote the sexual and reproductive health of women with HIV: an integrative review // Revista Brasileira de Enfermagem. 2025. Vol. 78. Is. 2. e20240079. DOI: 10.1590/0034-7167-2024-0079. PMID: 40608618.

22. Родионова В. А. Сравнительный анализ моделей неформального образования взрослых в сфере здоровьесбережения: институциональный аспект (на материале Российской Федерации и Китая) // Международный научно-исследовательский журнал. 2026. № 3 (165). URL: https://research-journal.org/archive/3-165-2026-march/10.60797/IRJ.2026.165.12 (дата обращения: 17.07.2026). DOI: 10.60797/IRJ.2026.165.12. EDN: SGTPBS.

23. Wang H., Qian C., Salutal L. A. Movement, Gender, and Reproductive Wellbeing: Dance Education as an Informal Health Pathway for Chinese Women // African Journal of Reproductive Health. 2026. Vol. 30. Is. 10. P. 49–68. DOI: 10.29063/ajrh2026/v30i10.4.

24. Богомягкова Е. С. Цифровые технологии в практиках заботы о здоровье: гендерные различия в российском контексте // Женщина в российском обществе. 2022. № 3. С. 90–107. DOI: 10.21064/WinRS.2022.3.6.



**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147:004.42:004.65
DOI

CC BY 4.0

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ОСНОВЫ ЯЗЫКА SQL» КАК ПРИМЕР ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

**Смольянов А. Г. ORCID ID 0009-0001-7293-4879**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», Саранск, Российская Федерация, e-mail: mgutech@mail.ru*

В статье обсуждаются результаты исследования по применению в учебном процессе компьютерного инструмента для обучения иностранных учащихся. Цель проведенного исследования – разработка рабочего места для иностранных учащихся, обеспечивающего эффективную поддержку учебного процесса и контроль уровня остаточных знаний обучающихся в рамках изучения раздела «Язык структурированных запросов» дисциплины «Базы данных». Объектом исследования является автоматизированный процесс контроля уровня остаточных знаний иностранных студентов. Предлагается удобный и интуитивно понятный интерфейс пользователя рабочего места иностранного учащегося, позволяющий эффективно работать в системе автоматизированной проверки лабораторных заданий учащихся. Разработан мультиязычный интерфейс рабочего места студента с поддержкой русского и английского языков. Предлагается функция графического представления итогов работы студентов в виде диаграмм, отображающих результаты в виде баллов в абсолютных и относительных величинах, которые доступны в Личном кабинете учащегося. Предложенное автором решение показало свою эффективность в очном и дистанционном форматах обучения. Созданная и внедренная в учебный процесс система уменьшает дефицит специализированных компьютерных инструментов обучения и способствует проведению объективного контроля остаточных знаний студентов из дальнего зарубежья в конкретных предметных областях знаний.

**Ключевые слова: онлайн-обучение, обучение иностранных студентов, контроль уровня остаточных знаний, компьютерная система, база данных, язык структурированных запросов, удаленное хранилище лабораторных заданий**

# LABORATORY PRACTICE “BASICS OF THE SQL LANGUAGE” AS AN EXAMPLE OF A DIGITAL TOOL FOR TEACHING FOREIGN STUDENTS

**Smolyanov A. G. ORCID ID 0009-0001-7293-4879**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev”, Saransk, Russian Federation, e-mail: mgutech@mail.ru*

The article discusses the results of a study on the use of a computer tool in the educational process for teaching foreign students. The aim of the study is to develop a workspace for foreign students that provides effective support for the educational process and monitors the level of students’ residual knowledge within the framework of studying the “Structured Query Language” section of the “Databases” course. The object of the study is the automated process of monitoring the level of residual knowledge of foreign students. A convenient and intuitive user interface for the foreign student’s workspace is proposed, which enables effective work within the system for automated verification of students’ laboratory assignments. A multi-language interface for the student’s workspace has been developed, supporting Russian and English. A function is proposed for graphically presenting the results of students’ work in the form of diagrams that display the results in the form of points in absolute and relative terms, which are available in the student’s Personal Account. The solution proposed by the author has proven its effectiveness in both face-to-face and distance learning formats. The system developed and implemented in the educational process reduces the shortage of specialized computer-based learning tools and facilitates objective assessment of the residual knowledge of students from non-CIS countries in specific subject areas.

**Keywords: online learning, teaching foreign students, monitoring the level of residual knowledge, computer system, database, structured query language, remote storage of laboratory assignments**

## Введение

Высшее образование сегодня активно внедряет цифровые технологии, проходя вместе со всем миром через этап масштабной цифровой трансформации. Использование цифровых инструментов в системе образования создает реальные перспективы для учебного процесса нового типа, дает новые инструменты для отслеживания достижений учащихся и их анализа. Критически важным для образовательной системы становится вопрос проверки уровня освоения учебного материала и, в частности, оценивания остаточных знаний учащихся – навыков и умений, которые учащиеся сохраняют после завершения курса и которые объек-

тивно отражают их реальную профессиональную подготовку. Отдельного исследования требует вопрос подготовки иностранных учащихся. Как известно, их адаптация к российской системе образования сталкивается с рядом серьезных препятствий: это и языковой барьер, и существенные отличия в педагогических установках, и культурные традиции, и нередко непривычный для россиянина менталитет представителей некоторых стран. Данные обстоятельства существенно осложняют процессы учебной подготовки и объективную проверку знаний таких студентов с помощью стандартных методов контроля.

Актуальность темы исследования обусловлена повышением интереса иностранных граждан к образованию в Российской Федерации, существенным ростом числа иностранных учащихся в российских заведениях, возрастающими требованиями к качеству их подготовки, а также недостаточным развитием отечественных инструментов организации учебного процесса и проведения контроля остаточных знаний иностранных учащихся, которые были бы адаптированы к эффективному взаимодействию российского преподавателя с такой категорией обучающихся.

Многочисленные публикации на эту тему показывают, что вузы научились привлекать иностранных студентов. Но, как показывает практика, они пока далеки от качественной организации учебного процесса и эффективного управления этим процессом [1]. Один из авторов обращает внимание на достаточно важную проблему, связанную с тем, что многие студенты-иностранцы, несмотря на длительное пребывание в русскоязычной среде, не могут овладеть русским языком на должном уровне. Этот фактор в итоге оказывает существенное влияние на профессиональную подготовку выпускников-иностранцев [2].

А. В. Васильева предлагает модель для выявления проблем и рисков качественного процесса обучения студентов-иностранцев в российском вузе. В частности, в разделе «Технологии, методы, приемы обучения» указаны следующие факторы риска: 1) отсутствие методик обучения и аттестации студентов с разным уровнем владения русским языком; 2) недостаточное количество современных технологий обучения [3].

Показательна публикация Н. В. Карповой, один из аспектов исследования в которой – отношение к учебным практикам на основе удаленного формата студентов из КНР [4]. Так, 67 % опрошенных положительно высказались по отношению к онлайн-технологиям при наличии возможности не выезжать на учебу за пределы КНР; 62 % опрошенных заявили, что дистанционное образование позволяет комфортно учиться дома. Причины такой оценки оказались разные: от материальных затрат и возможности сочетать учебу с работой (52,8 % опрошенных) до проблем психологического характера, связанных с нахождением студента в аудитории и общением с преподавателем на неродном языке (44,3 % опрошенных). Проблемы коммуникации весьма характерны для наших вузов. Нередко студент и преподаватель в процессе общения просто не понимают друг друга (30 % опрошенных студентов).

Не менее интересны результаты исследования мнения иностранных студентов по преодолению языкового и психологического барьеров на этапе адаптации студентов на территории России [5]. Краткий вывод исследователей: при грамотно организованной работе от иностранных учащихся можно добиться высоких результатов, которые приведут к достойным оценкам качества российского образования, высокому уровню мотивации студентов, их готовности к межкультурной коммуникации.

Проблемы развития экспорта образовательных услуг обсуждаются в [6]. Д. М. Денисов рассматривает две группы таких проблем: 1) ряд правовых и организационных вопросов; 2) проблемы качества образования и внедрения современных форм обучения (учебные программы и курсы, англоязычные программы, недостаточная интенсивность использования дистанционных образовательных технологий). Автор подчеркивает, что обеспечение высокой конкурентной способности российских вузов невозможно без целенаправленной государственной политики, которая, в частности, предусматривает разработку и внедрение конкретных педагогических (методики, программы, курсы и т. п.) и цифровых инструментов (дистанционные курсы, онлайн-платформы и т. п.).

Существует «проектный взгляд» на цифровизацию образования. Он обосновывается исследователями, которые доказывают на собственных примерах эффективность «встраивания» цифровых технологий в предметные области в рамках проведения конкретных исследовательских проектов [7, 8]. Сторонники этого взгляда рассматривают цифровые технологии как просто «рабочие» инструменты.

Наконец, следует выделить многочисленную группу исследователей-оптимистов, которые утверждают, что цифровое развитие образования в итоге важно не только для отдельного человека, но и для всего

общества в целом [9, 10]. По мнению авторов этих публикаций, система образования рассматривается как важнейшая часть глобального мира, определяющая будущее целых государств, их экономик, наук и культур.

Критика этого явления неизбежна: одни дают резкие бескомпромиссные оценки технологий цифровизации и удаленного обучения, другие пытаются найти «золотую середину» для предлагаемых нововведений. Понятно, что единого мнения ученых по этой проблематике не будет. Бесспорно другое: обсуждаемое явление требует больших системных исследований специалистов в разных областях жизни общества. Многочисленные исследования и достижения в этом направлении, несомненно, впереди. Однако осмысление этого феномена без практик реализации конкретных проектов и решений невозможно.

В течение последних лет Россия особенно активно и планомерно выстраивала национальную модель цифровизации обучения, закладывая в ней и передовой зарубежный опыт, и отечественный педагогический багаж, включая российские цифровые решения [11, 12]. Стратегическим ориентиром выступает федеральная программа «Цифровая экономика РФ» 2017 г. Ее раздел «Кадры и образование» предполагает масштабную модернизацию инфраструктуры образовательной среды, развитие цифровых навыков у преподавателей и учеников, а также разработку российских решений для дистанционного обучения.

**Цель исследования** – разработка в системе SQL-Start рабочего места для иностранных учащихся, обеспечивающего эффективную поддержку учебного процесса и контроль уровня остаточных знаний обучающихся. Объектом исследования является процесс контроля уровня остаточных знаний иностранных студентов в системе высшего образования. Предметом исследования служит рабочее место студента в системе SQL-Start, адаптированное для иностранных студентов.

## Материалы и методы исследования

Поставленная в рамках исследования цель потребовала решения следующих задач:

1) изучение теоретических основ цифровизации образования и глобальных тенденций развития образовательных технологий;

2) исследование специфики обучения иностранных студентов на территории Российской Федерации и требований к оценке их остаточных знаний;

3) анализ функциональных возможностей системы SQL-Start на предмет создания модуля рабочего места для иностранного студента;

4) на основе русскоязычной версии подсистемы системы SQL-Start «Рабочее место студента» создать мультиязычный вариант интерфейса подсистемы, ориентированный на студентов из дальнего зарубежья;

5) создать программный модуль «Результаты работы студента» для графического представления результатов работы студентов в мультиязычной системе SQL-Start;

6) разработать дидактический материал для создания лабораторных заданий по практикуму на английском языке.

Идея информационной системы SQL-Start появилась в 2021–2022 гг. во время известной пандемии коронавируса. На кафедре фундаментальной информатики МГУ им. Н. П. Огарева было проведено исследование по цифровизации практикума «Основы языка SQL» с использованием удаленного хранилища лабораторных заданий. Концепция системы была изложена в [13]. Цели и задачи начального этапа исследования были изложены в [14]. Предпосылкой для создания этой системы послужил анализ традиционного подхода к проведению лабораторных занятий, в ходе которого были выявлены мероприятия (действия), существенно замедляющие учебный процесс: рутинное взаимодействие преподавателя со студентами при выдаче заданий, сбор и проверка решений, фиксация результатов работы студентов в виде числовых показателей и др. Эти «непроизводственные» затраты времени отнимали немалую долю аудиторного времени, уменьшая результативность взаимодействия преподавателя и студента. Концепция системы SQL-Start состояла в том, чтобы реализовать удаленное хранилище лабораторных заданий и автоматизировать все типовые процедуры лабораторного занятия: от выдачи заданий, приема, централизованного хранения и проверки решений до формирования детализированной картины успеваемости группы обучающихся или отдельно взятого студента за весь период изучения дисциплины (прохождения практикума). Результаты исследования и апробации системы на этом этапе были опубликованы в [15].

## Результаты исследования и их обсуждение

Важнейший элемент любой компьютерной системы – интерфейс пользователя. От того, насколько понятно и удобно он устроен, зависит общее впечатление пользователя от работы с системой и его желание использовать такую систему в своих делах. В случае с иностранными студентами

вполне логично было бы исходить из тактики «минимализма», то есть предложить пользователю минимальный набор элементов для управления и взаимодействия с системой, чтобы не отвлекать его внимание на второстепенные вещи и малозначимые для него функции. Предложенный интерфейс рабочего места студента реализует следующую стандартную последовательность действий во время работы с системой: 1) авторизация (открытие сеанса работы); 2) выбор задания из предложенных лабораторных заданий; 3) выполнение задания; 4) проверка решения задания на удаленном сервере; 5) просмотр результатов проверки решения; 6) просмотр результатов проверки задания в Личном кабинете. Отметим, что функциональные возможности русскоязычного и англоязычного вариантов рабочего места студента полностью идентичны.

На рис. 1–3 показаны некоторые веб-формы англоязычного варианта системы.

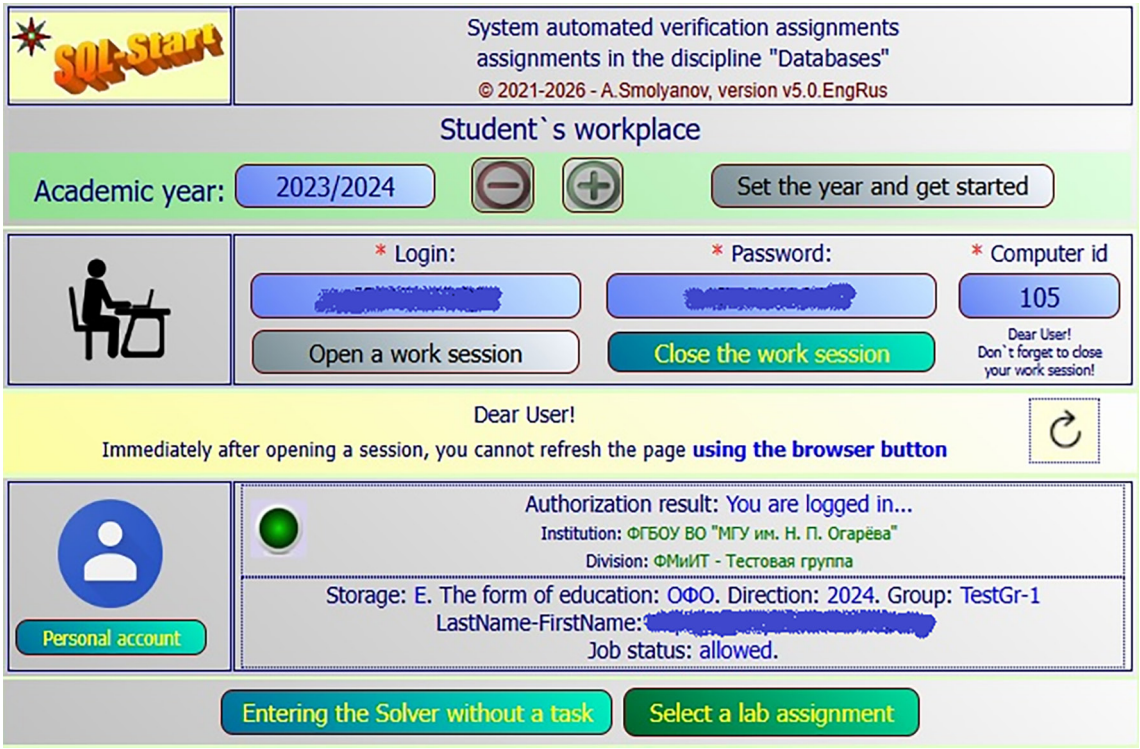



*Рис. 1. Открытие студентом сеанса работы*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

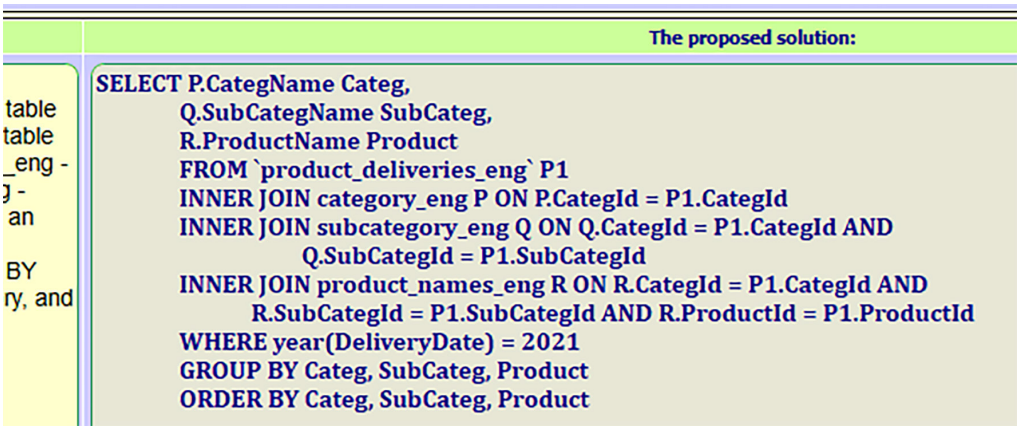



*Рис. 2. Решение задания в Решателе*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

| Points (plan) | Points (fact) | Number of columns | Number of rows | Solution response | Message | Conclusion-1 | Conclusion-2 | Number of response attempts |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.00 | 2.00 | Yes | Yes | Yes | The titles match | The answer is correct | The instructions have been carried out | 2 |

*Рис. 3. Просмотр результатов проверки решения в Личном кабинете*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Функции главной формы:

Set the year and get started – Установить год и начать работу;

Open a work session – Открыть сеанс работы;

Close the work session – Закрыть сеанс работы;

Personal account – Личный кабинет;

Entering the Solver without a task – Вход в Решатель без задания;

Select a lab assignment – Выбрать лабораторное задание.

В ходе реализации задач исследования были подготовлены тестовые дидактические материалы для англоязычных студентов. Требовалось, чтобы формулировки заданий были достаточно краткими, понятными и одновременно содержательными и полезными с точки зрения изучения дисциплины. Предлагаемые студенту структуры данных должны были четко и ясно отражать конкретную предметную область, а сами данные – быть понятными и соотноситься с жизненным опытом любого студента. В качестве предметных областей можно было бы предложить темы «Магазин», «Склад товаров», «Сотрудники учреждения» и многие другие, для понимания которых от студента не потребовалось бы каких-либо специальных знаний.

Тестовые дидактические материалы были сделаны на тему «Доставка заказчику овощей и фруктов», которая с точки зрения предметной области хорошо понятна любому молодому человеку, в том числе иностранному студенту.

В качестве примера приведем лабораторное задание лабораторной работы на тему «Операция JOIN команды Select» с вариантом правильного решения и ответом.

Laboratory work No. 15

Subject: Delivery of fruits and vegetables to customers.

The JOIN operation of the SELECT command

General information for laboratory work assignments.

Given the vegetablesfruit database with the category_eng, subcategory_eng, product_names_eng, and product_deliveries_eng tables.

The category_eng – table contains the names of vegetable and fruit categories.

The subcategory_eng – table contains the names of vegetable and fruit subcategories.

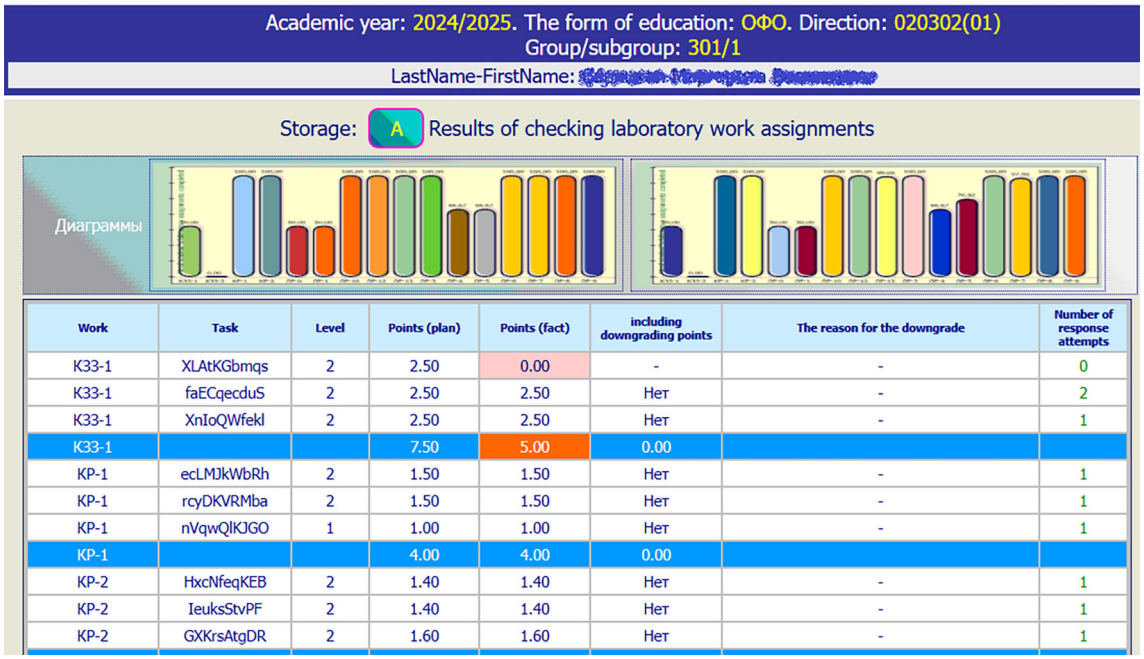
The product_names_eng – table contains the names of vegetables and fruits.

The product_deliveries_eng – table contains the delivery of vegetables and fruits to customers.

Task 4. Write an SQL query to retrieve information about products delivered to customers in monetary terms in 2021. Instructions. Use the INNER JOIN operation. Sort the information by category, subcategory, and product names.

Достаточно традиционным является включение в различные информационные системы подсистем графического представления каких-либо данных или результатов их обработки. Автором было выбрано представление результатов работы студента в виде столбчатых диаграмм, которые достаточно наглядно и понятно отображают данные в абсолютных и относительных величинах. В Личном кабинете студента формируются диаграммы, которые показывают результаты работы студента в виде: 1) количества выполненных заданий с группировкой по лабораторным работам в процентном отношении относительно количества всех назначенных лабораторных заданий; 2) баллов за выполненные задания с группировкой по лабораторным работам в процентном отношении относительно баллов всех назначенных лабораторных заданий.

Ниже приведены примеры диаграмм, построенных на основе данных реального учебного процесса. Структурно они встроены в функцию «Личный кабинет» рабочего места студента, которая доступна студенту после открытия сеанса работы (рис. 4, 5).




| Work | Task | Level | Points (plan) | Points (fact) | including downgrading points | The reason for the downgrade | Number of response attempts |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| К33-1 | XLAtKGbmqs | 2 | 2.50 | 0.00 | - | - | 0 |
| К33-1 | faECqecduS | 2 | 2.50 | 2.50 | Нет | - | 2 |
| К33-1 | XnIoQWfekl | 2 | 2.50 | 2.50 | Нет | - | 1 |
| К33-1 | | | 7.50 | 5.00 | 0.00 | | |
| КР-1 | ecLMJkWbRh | 2 | 1.50 | 1.50 | Нет | - | 1 |
| КР-1 | rcyDKVRMba | 2 | 1.50 | 1.50 | Нет | - | 1 |
| КР-1 | nVqwQlKJGO | 1 | 1.00 | 1.00 | Нет | - | 1 |
| КР-1 | | | 4.00 | 4.00 | 0.00 | | |
| КР-2 | HxcNfeqKEB | 2 | 1.40 | 1.40 | Нет | - | 1 |
| КР-2 | IeuksStvPF | 2 | 1.40 | 1.40 | Нет | - | 1 |
| КР-2 | GXKrsAtgDR | 2 | 1.60 | 1.60 | Нет | - | 1 |

*Рис. 4. Личный кабинет студента, фрагмент*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

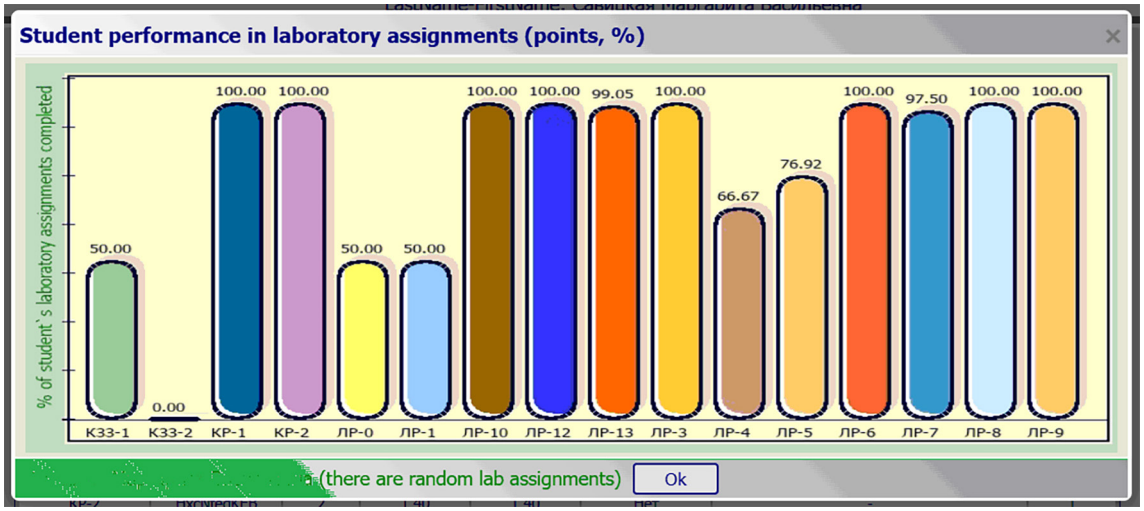



*Рис. 5. Выполнение студентом лабораторных заданий, баллы %*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

## Заключение

Подобно русскоязычному варианту системы, англоязычный вариант, очевидно, также полностью автоматизирует учебный процесс, непрерывно управляя информационными потоками между студентом и преподавателем во время занятия. Технологии удаленного сервера обеспечивают формирование преподавателем наборов лабораторных заданий (в том числе назначенных случайным образом), получение студентом лабораторных заданий, долговременное хранение решений студентов, оценивание этих решений по собственной внутренней балльной шкале, формирование для преподавателя общей и детализированной картины успеваемости группы студентов. Одна из важных идей предлагаемой организации обучения состоит в формировании у студента понимания необходимости самостоятельной подготовки, регулярной работы с плановым учебным материалом, осознания объективности оценивания выполненных заданий с помощью беспристрастного компьютера.

Создание мультиязычного варианта рабочего места студента могло бы способствовать расширению масштабов применения системы SQL-Start, внедрение которой оказалось эффективным как в дистанционном формате обучения, так и в режиме обычного учебного занятия. Важно и то, что появление в учебном процессе таких программных средств расширяет набор специализированных инструментов обучения и проведения контроля остаточных знаний студентов в конкретных предметных областях знаний в условиях значительного увеличения студентов из дальнего зарубежья.

## Список литературы


1. Николаев В. К. Экспорт образования в вузах России в условиях новой реальности // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 2. С. 149–166. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-2-149-166.

2. Васильева А. В. Формирование профессионально-коммуникативной компетенции иностранного студента-нефилолога в магистратуре // Научный результат. Педагогика и психология образования. 2023. Т. 9. № 4. С. 39–55. DOI: 10.18413/2313-8971-2023-9-4-0-4.

3. Васильева А. В. Возможности повышения качества обучения иностранных студентов: причинно-следственная модель // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2024. № 4 (56). С. 96–105. DOI: 10.54509/22203036_2024_4_96. EDN: UWGUHO.

4. Карпова Н. В., Леньков Р. В. Проблема адаптации иностранных учащихся к практикам онлайн-обучения в российском вузе // Общество: социология, психология, педагогика. 2023. № 12 (116). С. 44–50. DOI: 10.24158/spp.2023.12.5. EDN: BXDZCM.

5. Бороздина В. Р., Хрипкова И. А. Взгляд иностранных студентов на обучение в вузах России // Вестник Набережночелнинского государственного педагогического университета. 2025. № S2–2 (55). С. 423–425. EDN: NHDLXM.

6. Денисов Д. М. Современное состояние и перспективы экспорта образовательных услуг вузов РФ в страны СНГ // Kant. 2022. № 4 (45). С. 40–44. DOI: 10.24923/2222-243X.2022-45.6. EDN: EVDWOU.

7. Матвеева Н. А. Механизмы реализации инновационного потенциала образовательной организации высшего образования (на примере анализа деятельности ФИП) // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 2 (81). С. 221–224. DOI: 10.24411/1991-5497-2020-00270.

8. Антонян М. А. Цифровизация образования на примере разработки языкового онлайн-курса для бакалавров // Высшее образование сегодня. 2020. № 6. С. 24–30. DOI: 10.25586/RNU.HET.20.06.P.24.

9. Таланов С. Л. Экспорт российского высшего образования как инструмент «мягкой силы» // Социально-политические исследования. 2024. № 1 (22). С. 68–83. DOI: 10.20323/2658-428X-2024-1-22-68. EDN: MKMODB.

10. Антонова Н. Л., Сущенко А. Д., Попова Н. Г. «Мягкая сила» высшего образования как фактор мирового лидерства // Образование и наука. 2020. Т. 22. № 1. С. 31–58. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-31-58. EDN: GAHVYD.

11. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: программа утверждена президиумом Совета при Президенте РФ, протокол от 04 июня 2019 г. № 7. М., 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858 (дата обращения: 10.07.2026).

12. Федеральный проект «Цифровая образовательная среда»: входил в состав нацпроекта «Образование»: паспорт проекта утвержден проектным комитетом, протокол от 07 декабря 2018 г. № 3. М., 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://edu.gov.ru/national-project/projects/cos/ (дата обращения: 10.07.2026).

13. Смольянов А. Г., Куляшова Н. М. Концепция удаленного лабораторного практикума по компьютерным дисциплинам // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10. № 4 (56). С. 25–29. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47415362 (дата обращения: 01.07.2026). DOI: 10.46548/21vek-2021-1056-0004. EDN: GDRESX.

14. Смольянов А. Г., Смольянова Е. Г. К вопросу организации учебного процесса в вузе в условиях цифровой трансформации образования // E-Scio. 2021. № 12 (63). С. 356–365. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47887949 (дата обращения: 18.07.2026). EDN: JFLLAW.

15. Смольянов А. Г. Лабораторный компьютерный практикум по дисциплине «Базы данных» как пример цифровой трансформации учебного процесса // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 10 (148). С. 94–104. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=73954881 (дата обращения: 14.07.2026). DOI: 10.60797/IRJ.2024.148.105. EDN: LKDEOU.


**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147
DOI

CC BY 4.0

# ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН КАК СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ СМЕШАННОЙ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРАНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Унтина М. В.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный педагогический университет», Омск, Российская Федерация, e-mail: kirilenko@omgpu.ru*

В статье исследуются актуальные проблемы индивидуализации подготовки магистрантов химического образования в педагогическом вузе. Показано, что в современной информационно-образовательной среде смешанное обучение может выступать одним из возможных форматов для получения магистерского образования с химической направленностью (профилем). В качестве перспективного пути индивидуализации смешанной подготовки обучающихся магистратуры предложено использование средств педагогического дизайна информационно-образовательной среды. Цель исследования заключается в разработке технологии применения средств педагогического дизайна информационно-образовательной среды для индивидуализации смешанной подготовки магистрантов химического образования. Основываясь на результатах теоретического анализа и начального этапа опытно-экспериментальной работы по моделированию индивидуализации смешанной подготовки магистрантов, автор уточняет определения терминов «индивидуализация смешанной подготовки», «индивидуальный образовательный маршрут», «педагогический дизайн информационно-образовательной среды». На примере дисциплины «Химические методы анализа объектов окружающей среды» в материалах публикации рассматривается организация работы педагога на трех этапах педагогического дизайна в наиболее распространенной для высшей школы модели – пятиэтапном алгоритме ADDIE. Автором проведен отбор критериев для общей характеристики обучающихся магистратуры, определен комплекс индикаторов для построения индивидуальных образовательных маршрутов магистрантов, разработан алгоритм визуализации смешанного курса, а также показана структура электронного курса и раскрыто наполнение индивидуализированной структуры учебной деятельности (содержание, методы, средства обучения, темп освоения, педагогическая поддержка). Представленные материалы свидетельствуют о высокой трудоемкости педагогического дизайна, однако именно средства педагогического дизайна и особенности магистерского образования создают благоприятные условия для индивидуализации смешанного обучения. Перспективы исследования связаны с апробацией предложенной технологии на этапах реализации и оценки цикла ADDIE.

**Ключевые слова: химическое образование, информационно-образовательная среда, индивидуализация обучения, смешанное обучение, магистерское образование, педагогический дизайн информационно-образовательной среды, самоменеджмент**

# INSTRUCTIONAL DESIGN AS A MEANS OF INDIVIDUALIZING THE BLENDED LEARNING FOR MASTER'S STUDENTS IN CHEMISTRY EDUCATION

**Untina M. V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Omsk State Pedagogical University", Omsk, Russian Federation, e-mail: kirilenko@omgpu.ru*

The article examines current issues related to the individualization of training for master's students in chemical education at a pedagogical university. It is shown that in the modern information and educational environment, blended learning can be one of the possible formats for obtaining a master's degree with a chemical focus (profile). The use of instructional design tools within the information and educational environment is proposed as a promising way to individualize blended training for master's students. The aim of the study is to develop a technology for applying instructional design tools within the information and educational environment to individualize blended learning for master's students in chemical education. Based on the results of theoretical analysis and the initial stage of experimental work on modeling the individualization of blended training for master's students, the author clarifies the definitions of the terms «individualization of blended training», «individual educational route» and «pedagogical design of the information and educational environment». Using the discipline «Chemical Methods of Environmental Object Analysis» as an example, the publication examines the organization of a teacher's work at three stages of pedagogical design within the most common model for higher education – the five-stage ADDIE algorithm. The author has selected criteria for the general characterization of master's students, identified a set of indicators for constructing individual educational paths for master's students, developed an algorithm for visualizing a blended course, and also demonstrated the structure of the e-course and revealed the content of the individualized structure of educational activities (content, methods, learning tools, pace of learning, pedagogical support). The presented materials indicate a high level of instructional design labor intensity; however, it is precisely the tools of pedagogical design and the specific features of master's education that create favorable conditions for the individualization of blended learning. The research prospects are related to testing the proposed technology at the implementation and evaluation stages of the ADDIE cycle.

**Keywords: chemical education, information educational environment, individualization of learning, blended learning, master's education, instructional design of information educational environment, self-management**

**Введение**

В настоящее время в системе отечественного образования происходит активное насыщение традиционного образовательного процесса информационными и цифровыми технологиями, что приводит к его трансформации в информационно-образовательную среду (ИОС). Под ИОС в высшей школе, как правило, понимают пространство вуза, в котором происходит сетевое взаимодействие всех субъектов образовательного процесса с целью достижения образовательных целей.

Обучение в магистратуре, выступая связующим звеном между вузом и профессиональной деятельностью педагога, также требует адаптации к новым образовательным реалиям. Помимо особенностей, присущих магистерскому образованию в целом [1; 2], обучение магистрантов химического образования имеет собственную специфику. К примеру, для развития и совершенствования профессиональных компетенций в учебный план включен модуль предметных (химических) дисциплин. Освоение данных курсов в современных условиях уже не может осуществляться в традиционном режиме, но и не предусматривает применение исключительно дистанционных технологий, так как требует проведения лабораторных работ, иногда практической подготовки.

В этой связи возникает потребность в активизации поиска моделей, технологий и средств обучения, которые могли бы интегрировать достоинства электронных (дистанционных) технологий и преимущества традиционного формата обучения. Одной из таких технологий, динамично развивающихся в последнее десятилетие, является смешанное обучение (англ. *blended learning*). Разделяя позицию А. А. Ляшенко [3], автор полагает, что смешанная подготовка не выступает самоцелью, ее применение должно быть системным. Такой современный формат обучения раскрывает широкие возможности для индивидуализации учебного процесса в магистратуре.

Индивидуализация обучения – одна из ведущих идей и одновременно фундаментальное требование современной системы образования в России. Подтверждением этому служат нормативные акты в области образования, федеральные государственные образовательные стандарты разных уровней образования, указы Президента РФ. Так, указом Президента от 12 мая 2023 г. № 343 «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» [4] был дан старт проекту индивидуализации образования в масштабе страны. Пилотные образовательные организации получили возможность самостоятельно разрабатывать стандарты и, соответственно, делать учебные программы более гибкими, адаптировать их под быстроменяющиеся условия и требования. В 2026 г. была дополнительно расширена география участников проекта. Таким образом происходят процессы индивидуализации высшего образования на общенациональном уровне.

Исследование реальной практики индивидуализации образовательного процесса на уровне конкретной программы магистратуры в условиях смешанного обучения показывает недостаточность применения такого подхода и побуждает к переосмыслению проблем индивидуализации в магистратуре педагогического вуза. Для развития компетенций магистрантов химического образования индивидуальный маршрут, в основу которого положены интересы, потребности, начальный уровень компетенций, мотивы и когнитивный стиль студента, может обеспечить: вариативность содержания (в пределах ФГОС ВО), степени сложности, форм выполнения заданий, типов отчетности, а также комфортный темп для предварительной подготовки к лабораторным занятиям, неограниченный доступ к дополнительным материалам в удаленной среде и др.

Проведенный теоретический анализ позволил проследить развитие понятия «индивидуализация» в образовании. Основоположники отечественной школы Ю. К. Бабанский, А. А. Кирсанов, И. Э. Унт разработали дидактические принципы индивидуализации и рассматривали учет индивидуальных особенностей обучающихся через призму вариативности содержания, методов и форм обучения [5]. В свою очередь, современные исследователи теории и практики индивидуализации предлагают механизмы технологизации данного принципа в новой ИОС: через средства педагогического дизайна [6, с. 12], вариативно-рефлексивный подход [7, с. 15]. В работе Е. О. Воробчиковой [8, с. 10] ИОС выступает ресурсом, способным адаптироваться под учебный стиль обучающегося. Вместе с тем на сегодняшний день недостаточно раскрыты возможности разнообразных моделей и средств педагогического дизайна в условиях смешанной подготовки, в частности, в контексте магистерского образования, требующего развития и собственной системы самоменеджмента у магистранта.

Авторская позиция строится на основе осмысления приведенных подходов и выражается в следующем: индивидуализация смешанной подготовки представляет собой учет в процессе обучения в ИОС

уникальных особенностей обучающихся с целью адаптации содержания, методов и средств обучения, темпа освоения учебного материала под возможности каждого магистранта и осуществляется по двум взаимодействующим контурам – внутреннему и внешнему. Внутренний контур индивидуализации представлен деятельностью магистранта, направленной на повышение уровня сформированности и развитие собственной системы самоменеджмента и выступает активатором для построения внешнего контура. Внешний контур индивидуализации включает разработку индивидуального образовательного маршрута (ИОМ) магистранта в смешанной среде и одновременно выступает индикатором внутреннего контура.

Индивидуальный образовательный маршрут магистранта (в дистанционной среде – «персональный профиль магистранта») – это разрабатываемая совместно с педагогом динамичная программа активного обучения и самообучения обучающегося в ИОС, созданная на основе современных технологий и средств, обеспечивающая магистранту гибкость структуры учебной деятельности и реализацию отдельных компонентов образовательной программы.

Поиск технологической основы индивидуализации смешанного обучения магистрантов химического образования привел к педагогическому дизайну ИОС.

С момента появления термин «педагогический дизайн» рассматривался исследователями как разработка системы передачи знаний на основе анализа потребностей и целей обучения [9, с. 179] или как новая технология обучения [10, с. 42]. Современные исследователи перенесли акцент на деятельностный подход и определили «педагогический дизайн» как совместную деятельность субъектов образовательного процесса в сети [11, с. 19], деятельность педагога по форматированию содержания с целью адаптации материала для обучающихся [12], область науки и творческой деятельности [13].

В контексте проводимого исследования педагогический дизайн ИОС представляется как системное преобразование педагогом информационно-образовательной среды, включающее многоаспектный анализ возможностей смешанного формата обучения, комплексную диагностику обучающихся, конструирование и оценку учебных материалов, созданных на основе традиционных и информационных технологий, обеспечивающее погружение каждого магистранта в такую среду для достижения запланированных учебных целей. Результатом применения педагогического дизайна в учебном процессе становится выстраивание осознанного и продуктивного ИОМ будущего магистра химического образования. Средства педагогического дизайна: учебные, диагностические и контрольно-рефлексивные ресурсы (а также средства для их разработки) интегрируются в структуру отвечающей задачам разработчика модели педагогического дизайна. В настоящее время наиболее распространенным и удобным для использования в высшей школе считается алгоритм *ADDIE* [14]. *ADDIE* – аббревиатура английских слов, обозначающая пять основных этапов процесса: анализ, дизайн (проектирование), разработка, внедрение и оценка. На этапе разработки автором предложена интеграция данного алгоритма с четырехкомпонентной моделью педагогического дизайна – 4C/ID, ориентированной на решение профессиональных задач [15, с. 17].

**Цель исследования** – разработать и внедрить технологию применения средств педагогического дизайна ИОС для индивидуализации смешанной подготовки магистрантов химического образования.

## Материалы и методы исследования

Достижение обозначенной цели осуществлялось посредством выбора адекватных методов исследования: анализа педагогической, методической и специальной литературы, нормативных документов по проблеме исследования, систематизации информации. Методологическую основу исследования составили идеи системного, личностно-деятельностного и компетентностного подходов.

Исследование проводилось с 2014 г. на базе факультета естественно-научного образования ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет». Смешанный курс разрабатывался для магистрантов, обучающихся по направлению 44.04.01 Педагогическое образование, направленности (профили) «Химическое образование» и «Биология и химия в системе общего и профессионального образования».

## Результаты исследования и их обсуждение

Этапы реализации и оценки предложенной технологии выходят за рамки данной публикации и будут представлены в отдельной статье, включающей результаты формирующего этапа эксперимента и сравнительный анализ показателей эффективности. В этой связи настоящий материал охватывает практическую реализацию предложенного алгоритма педагогического дизайна ИОС (на примере дисциплины «Химические методы анализа объектов окружающей среды») на стадиях анализа, дизайна и разработки.

1. Анализ (Analysis)

Указанный курс изучается в осеннем семестре второго года обучения. Согласно учебному плану на освоение курса отводится четыре зачетные единицы (144 ч), из которых контактная работа составляет 24 ч, самостоятельная работа – 84 ч, предусмотрена промежуточная аттестация в форме экзамена – 36 ч. Конечной целью освоения выбранного предмета является формирование профессиональной компетенции (ПК-2) – способности осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области химического образования.

В ходе аналитического этапа исследования выявлялись:

− общая характеристика студентов, а именно:

а) возраст, образование, опыт педагогической деятельности (стаж) для индивидуализации в части содержания профессиональных задач (дифференциация содержания для учителей химии средней школы, преподавателей колледжей и т. д.),

б) уровень владения информационной компетенцией для индивидуализации средств обучения (при низком уровне компетенции необходимы детальные инструкции, памятки),

в) результаты вступительных испытаний для оценки начального уровня компетенций и определения необходимого уровня педагогической поддержки,

г) интересы, потребности, ожидаемые результаты от освоения дисциплины с целью эффективного целеполагания и построения индивидуального маршрута магистранта,

д) отношение к организации смешанного обучения, к возможности построения и обучения по индивидуальному маршруту, представление о технике самоменеджмента при обучении и в профессиональной деятельности для подтверждения актуальности исследования;

− наличие в вузе систем управления образованием, систем искусственного интеллекта, лабораторий.

2. Проектирование (Design)

На втором этапе осуществлялись:

− отбор средств педагогического дизайна, в том числе типов информационных носителей (анимация, аудио, видео, симуляторы, онлайн-лаборатории и др.);

− фиксация соотношения между собственными ресурсами и готовыми разработками из сети. Ввиду высокой трудоемкости пошагового проектирования и реализации курса предусмотрена значительная доля готовых разработок из сети;

− выбор форм работы, методов для оценки сформированности не только заявленных компетенций, но и соответствия разработанной программы индивидуальным особенностям обучающихся. Помимо общей характеристики контингента, собранной в ходе первого этапа, для решения данной задачи определялись индикаторы для дополнительной диагностики, которые легли в основу формирования «персонального профиля магистранта».

В исследовании были отобраны четыре таких индикатора: когнитивный (начальный уровень компетенций магистранта), мотивационный индикатор (преобладание внутренних или внешних мотивов у обучающегося), когнитивный стиль будущего магистра химического образования (теоретик, прагматик, активист, мыслитель), уровень сформированности собственной системы самоменеджмента (базовый, средний, продвинутый). Индивидуальный маршрут выстраивался на основе полученного сочетания указанных индикаторов при поддержке преподавателя и искусственного интеллекта (ИИ). На данном этапе ИИ выполнял функцию интеллектуального ассистента преподавателя: анализируя обезличенные данные магистранта, ИИ генерировал индивидуальные рекомендации для конструирования образовательного маршрута. Окончательное решение в формулировке рекомендаций оставалось за педагогом.

− выбор форм обратной связи;

− возможные затруднения и ограничения для создания курса и индивидуальных образовательных маршрутов;

− определение модели *blended learning*, отвечающей условиям обучения, способствующей продуктивности индивидуализации обучения, формированию и развитию компетенций. Для решения задач данного исследования была выбрана модель «Смешай самостоятельно» (англ. *Self-blend model*), отличающаяся, по мнению Е. Г. Шрайбер и Л. Н. Овиновой [16], высоким потенциалом индивидуализации обучения именно в магистратуре.

Успешному завершению работы на стадии дизайна помогает использование приема «визуализация» – это просмотр разработанного педагогом пути, позволяющий обнаружить и скорректировать возможные недостатки созданной программы на пути ее освоения [10]. На основе анализа федерального стандарта по направлению 44.04.01 Педагогическое образование, учебных планов исследуемых магистратур, педагогического наблюдения и части опытно-экспериментальной работы, проведенной автором на данном этапе, были отобраны компоненты и инструменты для эффективной «визуализации» (таблица).

Алгоритм приема «визуализация» на этапе проектирования

| Компонент визуализации | Инструмент визуализации | Назначение визуализации |
|---|---|---|
| Цели освоения дисциплины | Интеллект-карта MindMeister | С помощью цветовой индикации отражает обеспеченность каждого ожидаемого результата заданием и оценочным средством и позволяет выявить пробелы (цели без оценки) или избыток заданий для одной цели |
| Структура курса | Блок-схема Draw.io | Схематично представляет возможность или невозможность изменения последовательности изучения модулей/тем, а также условия переходов (например, переход при выполнении 80 % заданий) |
| Маршрут продвижения магистранта в ИОС | Карта магистранта Miro | Визуализирует пошаговый путь магистранта в смешанной среде, точки перехода между очным компонентом и электронным курсом, демонстрирует проблемные точки с помощью цветных заметок |
| Вариативность курса и степень адаптивности | Блок-схема Draw.io | Демонстрирует возможности учебной платформы образовывать ветвления в зависимости от характеристик и выбора обучающегося на конкретном этапе, отражает степень гибкости курса (количество возможных маршрутов) |
| Средства обучения: покадровая работа | Инструменты PowerPoint | Детализируют сценарий самостоятельно разработанного средства обучения – визуальный ряд, текст или озвучивание, действия магистранта, ответы системы на эти действия |
| Обратная связь с магистрантами | Сводная таблица по результатам применения метода фокус-групп | Выявляет систему действующей педагогической поддержки – синхронный или асинхронный формат, каналы коммуникации и скорость реагирования на запросы и проблемы обучающихся |

Примечание: составлена автором на основе теоретического анализа и полученных в ходе исследования данных.

Таким образом, предварительный просмотр разработанного смешанного курса проводится по шести позициям. После коррекции обнаруженных недостатков осуществляется переход к следующему этапу.

3. Разработка (Development)

Полученные на предыдущих стадиях результаты позволили детально выстроить «базовый вариант» (инвариантное ядро) освоения химической дисциплины, включающий пять основных блоков: информационный, тренировочный, контролирующий, коммуникативный и блок самоменеджмента. Такое стандартизированное построение модуля из пяти блоков облегчает навигацию по курсу и восприятие представленного материала. По мнению автора, включение последнего блока в модули необходимо для обеспечения взаимодействия внешнего контура индивидуализации с внутренним: каждый структурный элемент совместно разработанного ИОМ должен быть направлен на развитие определенного компонента системы самоменеджмента магистранта [17]. К примеру, наличие в плане контрольных точек стимулирует такие действия, как планирование, принятие решений, распределение ресурсов. Карта оценки возможных трудностей формирует гибкость и инициативность, а включение практических задач позволяет осуществлять перенос приемов и техник самоменеджмента в реальную деятельность магистранта. В совокупности элементы ИОМ и включенный в электронный курс авторский модуль «Самоменеджмент будущего магистра» создают среду для развития навыков самоуправления и самоорганизации. Для диагностики уровня сформированности системы самоменеджмента применялся комплекс методик: валидизированные шкалы оценки рефлексии, мотивации и самоорганизации обучающихся дополнялись методами самооценки (анкетирование, структурированное эссе).

Схематично визуализированные элементы курса преобразовывались в учебные материалы для смешанного обучения магистрантов, а в соответствии с индикаторами, отобранными на этапе проектирования, обеспечивалась гибкость структуры учебной деятельности: содержания, методов и средств обучения, уровня педагогической поддержки, темпа освоения дисциплины.

Для индивидуализации содержания был создан банк сквозных профессиональных задач, включающих методический, педагогический и предметный (химический)

аспекты. На основе логики алгоритма 4C/ID каждая задача разбивается на подзадачи нарастающей сложности, обеспечивается поддерживающей информацией (теоретическими материалами, нормативными документами, методическими разработками учителей и др.), оперативными подсказками (общими критериями оценки, консультациями по запросу и др.) и частичной практикой в реальной профессиональной деятельности магистранта. Стоит отметить, что теоретические материалы модулей предварительно дифференцировались: для обучающихся с преобладанием внутренней мотивации предлагались научные статьи о новейших методах анализа, последних достижениях в области защиты окружающей среды, с преобладанием внешней – ссылки на необходимые нормативные документы, пошаговые инструкции и дополнительные удаленные и очные консультации. Кроме того, во время решения магистрантом сквозной задачи выполнялся принцип «угасания» педагогической поддержки: от подробных инструкций от педагога на начальном этапе к самостоятельной реализации проекта на завершающей стадии.

При этом индивидуализация педагогической поддержки в смешанной учебной среде осуществлялась на основе выявленного уровня сформированности системы самоменеджмента магистранта. Так, при подготовке к выполнению лабораторной работы для обучающихся с базовым уровнем самоменеджмента предлагались подробные материалы по выбранным разделам, со средним уровнем – текстовые алгоритмы или блок-схемы, с высоким – правила техники безопасности при проведении лабораторной работы.

С целью индивидуализации методов и средств обучения были подготовлены различные форматы выполнения заданий для студентов с определенным когнитивным стилем: теоретикам – интерактивные лекции в удаленной среде, мыслителям – индивидуальные проекты и их очная защита, аналитические отчеты, прагматикам – кейс-задания, деятелям – виртуальные лабораторные работы, тренажеры и т. д.

Для выбора оптимального темпа выполнения заданий в контрольных блоках электронного курса указывались «мягкие» и «жесткие» сроки для сдачи работ очно или их отправки преподавателю в электронном виде. Материалы тренировочного блока предусматривали постоянный доступ.

Перед тем как перейти на следующий уровень модели ADDIE, дополнительно проводилась проверка соответствия принципам педагогического дизайна и смешанного обучения, тестирование электронного курса на разных устройствах.

## Заключение

Таким образом, приведенный опыт работы с алгоритмом ADDIE на трех его этапах показал, что педагогический дизайн ИОС – достаточно трудоемкий процесс, требующий временного ресурса и информационной компетентности педагога. Отобранные для диагностики магистрантов индикаторы образуют множество сочетаний и, соответственно, возможных персональных профилей. Несмотря на эти существенные факторы, использование средств педагогического дизайна, а также малочисленность обучающихся в группах магистратуры определяют перспективное направление для индивидуализации смешанной подготовки магистрантов химического образования – как по внешнему, так и по внутреннему контурам. В рамках дальнейших этапов исследования (стадии реализации и оценки модели ADDIE) планируется эмпирическая проверка возможности внедрения и продуктивности предложенной технологии.

## Список литературы

1. Сергеева М. Г., Бурнакин М. Н. Современные проблемы и тенденции развития магистратуры в России // Казанский педагогический журнал. 2018. № 5. С. 51–56. URL: https://kpedj.ru/volumes/2018-5-130/ (дата обращения: 04.05.2026).

2. Опфер Е. А. Трансформации российской магистратуры // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 1. С. 36–48. URL: https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/2583 (дата обращения: 05.06.2026). DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-1-36-48.

3. Ляшенко А. А. Модели смешанного обучения: потенциал личностной ориентированности // The Scientific Heritage. 2021. Т. 3. № 61. С. 9–13. URL: https://www.scientific-heritage.com/ru/arhiv/ (дата обращения: 01.07.2026). DOI: 10.24412/9215-0365-2021-61-3-9-13.

4. Указ Президента РФ от 12 мая 2023 г. № 343 (ред. от 22 января 2026 г.) «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: http://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=524963&dst=100001%2C1&date=22.07.2026 (дата обращения: 22.07.2026).

5. Супрун А. С. Теоретические и практические аспекты индивидуализации и дифференциации обучения курсантов военных вузов войск национальной гвардии Российской Федерации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки. 2018. Т. 9. № 2. С. 86–96. URL: https://human.spbstu.ru/article/2018.32.8/ (дата обращения: 20.07.2026). DOI: 10.18721/JHSS.9208.

6. Беленко Т. В. Формирование готовности будущего учителя к индивидуализации обучения школьников средствами педагогического дизайна: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Белгород, 2020. 26 с. [Электронный ресурс]. URL: https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01010253441?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 20.07.2026).

7. Бурлакова Т. В. Индивидуализация профессиональной подготовки студентов в современном педагогическом вузе: автореф. дис. ... докт. пед. наук. Ярославль, 2012.

43 с. [Электронный ресурс]. URL: https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005011004?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 15.07.2026).

8. Воробчикова Е. О. Технология подготовки преподавателей к персонализированному обучению в условиях цифровизации дополнительного профессионального образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Нижний Новгород, 2025. 25 с. [Электронный ресурс]. URL: https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01013608705?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 15.07.2026).

9. Briggs L. J. Designing the strategy of instruction. Instructional design: Principles and applications. 1977. 532 p. [Электронный ресурс]. URL: https://books.google.ru/books?id=l8jzLDIPp1MC&pg=PR5&hl=ru&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 01.07.2026). ISBN 0-87778-098-6.

10. Моисеева М. В., Полат Е. С., Бухаркина М. Ю., Нежурина М. И. Интернет-обучение: технологии педагогического дизайна. М.: Издательский дом «Камерон», 2004. 216 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.studmed.ru/view/moiseeva-mv-internet-obuchenie-tehnologii-pedagogicheskogo-dizayna_2efcf7d24a1.html (дата обращения: 22.07.2026). ISBN 5-9594-0015-4.

11. Патаракин Е. Д. Педагогический дизайн совместной сетевой деятельности субъектов образования: автореф. дис. … докт. пед. наук. Москва, 2017. 38 с. [Электронный ресурс]. URL: https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01006657816?page=1&rotate=0&theme=white (дата обращения: 02.04.2026).

12. Кочурина Т. С. «Педагогический дизайн»: сущность и структура // Преподаватель XXI век. 2022. № 1. Часть 1. С. 21–29. URL: https://drive.google.com/file/d/1d02s9DaPs-N3MUL0UrWE3adUPfFXj_hC/view (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.31862/2073-9613-2022-1-21-29.

13. Демидова И. А. Педагогический дизайн и его средства: теоретический анализ и опыт применения в педагогической практике // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2019. Т. 4. Выпуск 4. С. 25–32. URL: https://pedagogy-journal.ru/article/ped20190153/fulltext (дата обращения: 30.06.2026). DOI: 10.30853/pedagogy.2019.4.3.

14. Branch R. M. Instructional design: The ADDIE approach. New York: Springer, 2009. 203 p. [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-3185-5. (дата обращения: 26.09.2026). ISBN 978-0-387-09506-6.

15. Ван Мариенбор Й. Дж. Г., Киршнер П. А. Десять шагов комплексного обучения: Четырехкомпонентная модель дизайна обучения: практическое руководство / Пер. с англ. К. Ахметова. Астана: Zerde Publishing, 2023. 454 с. [Электронный ресурс]. URL: https://ibooks.ru/bookshelf/397638/reading (дата обращения: 01.07.2026). ISBN 978-601-7147-85-3.

16. Шрайбер Е. Г., Овинова Л. Н. Онлайн-курс как способ реализации принципа индивидуализации в образовательном процессе магистратуры // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2020. Т. 12. № 2. С. 62–72. DOI: 10.14529/ped200206.

17. Унтина М. В. К вопросу об индивидуализации смешанного обучения в магистратуре педагогического вуза: сборник трудов конференции // Педагогика, психология, общество: от теории к практике: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Чебоксары, 19 августа 2026 г.) / редкол.: Ж. В. Мурзина [и др.]. 2026. Чебоксары: ИД «Среда», 2026. С. 189–193. [Электронный ресурс]. URL: https://phsreda.com/ru/article/168749/discussion_platform (дата обращения: 03.09.2026). ISBN 978-5-908172-24-0. DOI: 10.31483/r-168749.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 37.01:37.03
DOI

CC BY 4.0

# ДУХОВНО-НРАВСТВЕННЫЕ ЦЕННОСТИ В СТРУКТУРЕ ГУМАНИСТИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

**Хаблиева С. Р. ORCID ID 0000-0002-5304-9997**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», Владикавказ, Российская Федерация, e-mail: svetlana-hablieva@yandex.ru*

Статья посвящена анализу духовно-нравственных ценностей как основы гуманистического мировоззрения личности, которое ставит человека и его ценность в центр всего, провозглашая его право на развитие, счастье и свободу. Эти ценности выступают не просто желательными качествами, а фундаментальными регуляторами жизни личности и общества. Данный вектор прямо закреплен в ключевых нормативных документах, что требует поиска эффективных педагогических механизмов формирования гражданской идентичности у молодежи. Целью исследования является теоретическое обоснование места и роли духовно-нравственных ценностей в структуре гуманистического мировоззрения личности и определение педагогических условий их формирования в образовательном процессе. На основании междисциплинарного анализа философско-этической и педагогической литературы в работе раскрывается взаимосвязь категорий «свобода» и «ответственность» в структуре гуманистического мировоззрения. Показано, что в гуманистическом мировоззрении современный университет выступает ключевой средой, где формируются и осмысливаются ценности. Студенческая среда, научное сообщество и корпоративная культура вуза – это пространство, в котором ценности долга, ответственности и справедливости реализуются в совместной деятельности: участии в волонтерских центрах, проектной деятельности и наставничестве. Автором предложены форматы проектов, которые можно адаптировать под специфику любого классического вуза.

**Ключевые слова: воспитание, образовательный процесс, гуманистическое мировоззрение, ценности, духовно-нравственные ценности, ответственность, милосердие, патриотизм, гражданственность, гражданская идентичность**

# SPIRITUAL AND MORAL VALUES IN THE STRUCTURE OF A HUMANISTIC WORLDVIEW

**Khablieva S. R. ORCID ID 0000-0002-5304-9997**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov", Vladikavkaz, Russian Federation, e-mail: svetlana-hablieva@yandex.ru*

The article is devoted to the analysis of spiritual and moral values as the foundation of a humanistic worldview of the individual, which places the person and their value at the center of everything, proclaiming their right to development, happiness, and freedom. These values are not merely desirable qualities but fundamental regulators of the life of the individual and society. This direction is explicitly enshrined in key regulatory documents, which requires the search for effective pedagogical mechanisms for fostering civic identity among young people. The aim of the study is to provide a theoretical justification for the place and role of spiritual and moral values in the structure of a humanistic worldview of the individual and to determine the pedagogical conditions for their formation in the educational process. Based on an interdisciplinary analysis of philosophical, ethical, and pedagogical literature, the paper reveals the interconnection between the categories of "freedom" and "responsibility" within the structure of a humanistic worldview. It is shown that in a humanistic worldview, the modern university serves as the key environment where values are formed and interpreted. The student environment, the academic community, and the corporate culture of the university constitute a space in which the values of duty, responsibility, and justice are realized through joint activities: participation in volunteer centers, project work, and mentoring. The author proposes project formats that can be adapted to suit the specific needs of any classical university.

**Keywords: education, educational process, humanistic worldview, values, spiritual and moral values, responsibility, compassion, patriotism, civic consciousness, civic identity**

## Введение

Гуманистическое мировоззрение ставит человека и его ценность в центр всего, провозглашая его право на развитие, счастье и свободу. В этой системе духовно-нравственные ценности выступают фундаментальными регуляторами жизни личности и общества. Они формируют внутренний стержень человека, позволяя ему делать осознанный и ответственный выбор в пользу добра, долга и социальной справедливости. Как отмечает В. Ю. Андреюк, «ценности – это выражение сущности человека, его убеждений, моральных принципов и норм. Они проявляются в стереотипах его поведения и определяют его социокультурную идентичность» [1, с. 109].

В Указе Президента РФ определены традиционные российские духовно-нравственные ценности как важнейшие ориентиры,

формирующие общероссийскую гражданскую идентичность и единое культурное пространство страны[1]. В свою очередь, ст. 2 Федерального закона «Об образовании в РФ» закрепляет единство процессов обучения и воспитания, определяя последнее как деятельность по приобщению обучающихся к традиционным духовно-нравственным ценностям, патриотизму, гражданственности и уважению к историческому наследию[2].

Духовно-нравственные ценности определяют цели, содержание и результаты образовательного процесса. Образование не исчерпывается передачей знаний, а формирует ценностно-смысловую сферу личности и ее социальную ориентацию. Базовым проявлением духовно-нравственных ценностей выступает патриотизм. Привязанность к Отечеству произрастает из глубокой связи с малой родиной – пространством первоначальной социализации личности. Эти компоненты опираются на уважение к земле предков, позволяющее осознать единство территории всей страны. Принцип неделимости Родины и ее территориальная целостность имеют глубокое историческое значение [2; 3]. На формирование личности на основе российских традиционных ценностей влияет патриотическое воспитание, которое должно включать духовно-нравственное воспитание, культурно-историческое воспитание и военно-патриотическое воспитание [4]. По мнению Р. Р. Галиева, забвение духовно-нравственных ценностей приводит к идейному кризису патриотизма внутри страны и к пересмотру положения России как мирового лидера с точки зрения национальной безопасности [3, с. 142]. Поэтому сегодня перед системой образования стоит важная задача – формирование у молодежи гражданской идентичности и патриотических ценностей, позволяющих проявлять гражданскую инициативу, отстаивать свою позицию и нести ответственность за результаты деятельности [5, с. 85], что способствует освоению ценностных ориентиров семьи, этноса и государства.

**Цель исследования** – теоретическое обоснование места и роли духовно-нравственных ценностей в структуре гуманистического мировоззрения личности и определение педагогических условий их формирования в образовательном процессе.

## Материалы и методы исследования

Исследование опирается на междисциплинарный подход, интегрирующий методы философско-этического, аксиологического и педагогического анализа. Нормативно-правовую базу составляют Указ Президента РФ от 09 ноября 2022 г. № 809 и Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Теоретико-методологическую основу работы составили труды по этике, педагогике духовно-нравственного воспитания, а также исследования современных авторов в области гражданского самоопределения и патриотического воспитания. В рамках настоящего исследования использовались различные научные методы, направленные на комплексное изучение основных проблем и перспектив реализации духовно-нравственного воспитания обучающихся в системе современного российского высшего образования.

## Результаты исследования и их обсуждение

Мировоззрение представляет собой целостную систему обобщенных представлений человека о мире, ценностях и принципах деятельности, выступая структурообразующей основой личности [6, с. 489; 7, с. 273].

На философско-этическом уровне в этой структуре прослеживается тесная связь между нравственной культурой и гуманистической направленностью. Если гуманизм – это основа системы определенных взглядов на мир, то именно человек является системообразующим фактором, ядром гуманистического мировоззрения [8, с. 50]. Гуманистическое мировоззрение представляет собой комплекс нравственных, гражданских, правовых и эстетических убеждений и принципов [9]. Гуманистическое мировоззрение нельзя отождествлять исключительно с набором моральных ценностей. Ценности составляют его основу, однако мировоззрение включает также знания, убеждения, эмоционально-смысловые отношения и практическую деятельность.

Структура гуманистического мировоззрения представляет собой единство ценностей и смыслов, которые формируют ядро личности; знаний и убеждений, переводящих абстрактные идеалы в осознанную картину мира; нравственной регуляции, выступающей внутренним контролером поступков на основе усвоенных этических норм;

[1] Указ Президента РФ от 09 ноября 2022 г. № 809 (ред. от 04 марта 2026 г.) «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430906/ (дата обращения: 21.08.2026).

[2] Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (последняя редакция) // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 21.08.2026).

и деятельности – практического воплощения всех внутренних установок во внешней социальной реальности. Связующую роль между всеми элементами гуманистического мировоззрения выполняют духовно-нравственные ценности.

Переходя к аксиологической плоскости, следует отметить, что под системой духовно-нравственных ценностей человека М. А. Дьячкова понимает «такие ценности, которые служат ориентиром социальной активности, направленной на достижение общественно значимых гуманистических целей» [10, с. 146–147]. Они задают критерии оценки человеческих поступков.

Именно ответственность можно считать ключевой характеристикой гражданина. По мнению Е. А. Мацефук и П. В. Разбегаева, она «может быть внешней (социальной) и внутренней (личностной); ретроспективной (вина за совершенные действия) и перспективной (обязанности); неосознанной (совесть) и осознанной (понимание субъектом значимости и последствий своей деятельности)» [2, с. 200].

В. А. Канке связывает ответственность с нравственным выбором человека. По его мнению, на место этики справедливости и свободы следует поставить этику ответственности, интегрируя в нее достоинства обоих подходов [11, с. 153]. Это позволяет рассматривать ответственность не только как обязанность, но и как позитивную нравственную установку, ориентирующую личность на добро. В. Франкл считает, что «свобода, если ее реализация не сопряжена с ответственностью, угрожает выродиться в простой произвол» [12, с. 68].

В педагогике ответственность соотносится с дисциплиной, самостоятельностью, гражданской зрелостью и способностью к нравственному самоопределению. Воспитание ответственности – это процесс, «направленный на формирование определенных личностных качеств, которые выражаются в отношении к нравственным нормам, существующим в обществе» [13, с. 37]. Чувство долга обусловливает совесть и ответственность, выступая осознанием личностью своего долга перед обществом, единством убеждений и деятельности, а также результатом нравственного опыта [14]. Гражданская ответственность – это прежде всего «баланс между личными интересами и общественным благом. Это не врожденное чувство, а результат воспитания, образования, социальных условий» [15, с. 46]. Ответственность является универсальным регулятором нравственности. Содержание ответственности раскрывается через понятия «обязанность», «долговое обязательство», «гражданская зрелость», «гражданская направленность» и «активная гражданская позиция».

Структуру гуманистического мировоззрения дополняют милосердие, взаимоуважение и историческая память, образующие ценностно-смысловой фундамент взаимодействия личности с обществом. Милосердие проявляется как активная гуманная позиция, трансформирующая абстрактную эмпатию в реальную готовность к созидательной помощи, состраданию и поддержке ближнего, что утверждает абсолютную ценность человеческой жизни.

Сохранение исторической памяти «имеет фундаментальное значение для любой нации, выступая не просто как дань прошлому, а как важный элемент ее настоящего и будущего, обеспечивающий национальную и культурную идентичность, формирующий ценности и определяющий путь развития общества» [16, с. 194]. Историческая память и преемственность поколений являются основой для гуманистических принципов, так как связывают самосознание гражданина с опытом и культурой предков. Осознание этой связи трансформирует абстрактные нормы в личностные ориентиры, формируя уважение к традиции и исторической правде.

Если рассматривать духовно-нравственные ценности как системный элемент мировоззрения, ключевая педагогическая задача состоит в создании условий для их глубокого осмысления. Решение этой задачи требует реализации комплекса взаимосвязанных организационно-педагогических условий, каждое из которых опирается на определенный инструмент образовательного процесса.

1. Требуется аксиологизация самого содержания образования: внедрение в дисциплины гуманитарного цикла проблемных ситуаций, моральных дилемм и дискуссий о понятиях свободы, долга и справедливости.

2. С этим тесно связана диалогизация обучения, где ценностные установки закрепляются в ходе рефлексивного обсуждения, поиска аргументов и знакомства с иными точками зрения.

3. Теоретическое осмысление должно подкрепляться практико-ориентированной деятельностью. Здесь возрастает роль социальной и краеведческой активности – от волонтерских и экологических инициатив до исследовательской работы с семейными архивами и историей малой родины, воспитание патриотизма имеет огромное значение, так как наши молодые современники должны стать зрелыми духовно и интеллектуально [17].

4. Современный университет выступает ключевой средой, где формируются и осмысливаются эти ценности. Именно здесь долг, ответственность и справедливость проходят проверку в совместной деятельности: участии в волонтерских центрах, проектной работе и наставничестве. Реализуемые вузами проекты «направлены на широкую аудиторию и предполагают помощь в развитии регионов, популяризацию науки, вклад в развитие образования, технологий» [18, с. 39].

Ниже представлены форматы проектов, которые можно адаптировать под специфику любого классического вуза.

1. Образовательно-просветительские проекты

В рамках образовательно-просветительской работы можно организовать межфакультетский лекторий «Этика профессий», на котором преподаватели разных кафедр будут обсуждать влияние нравственного выбора на профессиональную деятельность. Дополнить лекторий может студенческий дискуссионный клуб «Грани человечности», где участники смогут обсуждать такие темы, как границы свободы слова, этика использования искусственного интеллекта, проблема эвтаназии и волонтерство. Важной частью этой работы может стать и курс публичных выступлений, направленный на развитие у студентов навыков аргументации и умения отстаивать свою позицию в диалоге, уважая мнение собеседника.

2. Научно-исследовательские инициативы

В научно-исследовательском направлении можно реализовать несколько инициатив. Например, лаборатория прикладной этики может объединить студентов и аспирантов для изучения вопросов, связанных с университетской жизнью: отношения к плагиату, соблюдения академической честности, особенностей общения студентов с преподавателями и администрацией. Полученные результаты могут использоваться для подготовки рекомендаций по совершенствованию университетской среды. Другим направлением может стать проект «Интеллектуальная история кафедры», посвященный изучению биографий известных ученых факультета и их профессионального и нравственного выбора в разные исторические периоды, в том числе в годы войн, репрессий и научных преследований. Дополнить эту работу может регулярное социологическое исследование, предполагающее анкетирование первокурсников и выпускников и позволяющее оценивать изменения в их представлениях о профессиональной этике, ответственности и общественной роли университета за время обучения.

3. Социально-практические и волонтерские проекты

Социально-практическая работа может включать службу академической взаимопомощи «Тьюторство старших», в рамках которой старшекурсники помогают студентам младших курсов разбираться со сложными темами учебной программы, готовиться к экзаменам и адаптироваться к университетской жизни. Еще одним направлением может стать сотрудничество с домами престарелых и другими учреждениями социальной поддержки. Студенты могут не только собирать гуманитарную помощь, но и участвовать в качестве волонтеров: читать книги, помогать пожилым людям записывать воспоминания, проводить для маломобильных подопечных онлайн-занятия и лекции. Практическую направленность может иметь и экологическая инициатива «Ответственная среда», предполагающая организацию раздельного сбора отходов в кампусе, проведение экологических акций и информационных мероприятий для студентов.

4. Культурно-творческие форматы

Культурно-творческое направление может включать театральную лабораторию документального театра, в рамках которой студенты создают постановки на основе собственных историй и монологов о сложных жизненных ситуациях, выборе, отношениях с близкими и поиске своего пути. Интересным форматом может стать и конкурс литературного перевода, посвященный зарубежным эссе о гуманизме и экзистенциальной философии. Лучшие работы можно объединить в студенческий альманах. Еще одним вариантом являются регулярные кинопоказы с обсуждением. После просмотра участники смогут обсуждать поступки героев, нравственные дилеммы и проблемы, поднятые режиссерами, под руководством преподавателя или приглашенного эксперта.

5. Цифровые и медиапроекты

Цифровые и медиапроекты могут быть представлены подкаст-студией «Человек перед выбором», где студенты будут записывать интервью с преподавателями, выпускниками и другими интересными собеседниками, рассказывающими о важных событиях и решениях в своей жизни. Отдельным направлением может стать цифровой архив истории университета. В него можно включать оцифрованные письма, дневники, фотографии и другие материалы из фондов вуза, дополняя их краткими комментариями студентов и преподавателей. Такой архив позволит сохранить исторические материалы и сделать их доступными для исследовательской и учебной работы.

Для успешной реализации этих идей рекомендуется использовать проектную деятельность, которая позволяет студентам не просто усваивать знания о ценностях, но и проживать их, превращая добро, красоту, толерантность в личный опыт. Закреплению в сознании студентов традиционных духовно-нравственных ценностей может способствовать применение интерактивных обучающих методик, использование диалоговых форматов, групповой проектной деятельности, способствующих активному коллективному освоению указанного учебного материала. Ключевыми партнерами в таких проектах могут выступать социальные институты, некоммерческие организации и экспертное сообщество региона.

## Заключение

Духовно-нравственные ценности сохраняют этический фундамент общества. В этой системе именно совесть, долг, патриотизм и ответственность образуют смысловую основу гуманистического мировоззрения. Выступая внутренними регуляторами, они позволяют человеку реализовывать собственную свободу и достоинство, не ущемляя права окружающих, и требуют осознанного принятия обязательств как перед социумом, так и перед государством. Системное освоение этих ориентиров через институты образования и культуры становится базовым условием воспитания гражданской позиции, способствующей конструктивному участию личности в жизни страны. Духовно-нравственный вектор обеспечивает баланс прав личности и ее социального долга.

## Список литературы

1. Андреюк В. Ю. Ценности России // Обозреватель. 2022. № 11/12. С. 107–124. DOI: 10.48137/2074-2975_2022_11-12_107.

2. Мацефук Е. А., Разбегаев П. В. Духовно-нравственные ценности как основа воспитания патриотизма // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 4 (83). С. 199–200. DOI: 10.24411/1991-5497-2020-00729.

3. Галиев Р. Р. Формирование духовно-нравственных ценностей и патриотизма в современной России // Социально-гуманитарные знания. 2022. № 5. С. 141–144. DOI: 10.34823/SGZ.2022.5.51856.

4. Кривошеев В. В. Патриотизм в России // Интерактивная наука. 2018. № 1 (23). С. 45–47. DOI: 10.21661/r-467865. EDN: YMFAJZ.

5. Антонова А. В., Нечаева А. А. Представления о гражданско-патриотических ценностях в сознании уральских школьников (на материалах эмпирического исследования) // Педагогическое образование в России. 2025. № 2. С. 84–97. EDN: TGZCZY.

6. Платонова А. В. Теоретико-методологические основы формирования научного мировоззрения // Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 81–2. С. 488–490. EDN: TQHBIS.

7. Прокофьева О. Н. Формирование мировоззрения студентов в процессе информационной подготовки // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 85–3. С. 272–274. EDN: OSKXJZ

8. Ахмедова Ф. Формирование основ нравственной культуры личности в образовательном процессе и гуманистическое мировоззрение // Мировая наука. 2019. № 6 (27). С. 48–50. EDN: QEDOAX.

9. Мещеряков А. С., Рогачев Р. Б. Гуманистическое мировоззрение как ключевая квалификация и аксиологическая основа профессиональной модели специалиста // Преподаватель XXI век. 2008. № 1. С. 27–33. EDN: JVNCPN

10. Дьячкова М. А. Понятия ценность и духовно-нравственные ценности в педагогике // Сибирский педагогический журнал. 2007. № 12. С. 141–150. EDN: PIXQAH.

11. Канке В. А. Основы философии: Учебник для студентов средних специальных учебных заведений. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 288 с. ISBN 978-5-98704-276-3.

12. Франкл В. Человек в поисках смысла: сборник: Пер. с англ. и нем. / Общ. ред. Л. Я. Гозмана и Д. А. Леонтьева; вст. ст. Д. А. Леонтьева. М.: Прогресс, 1990. 368 с. ISBN 5-01-001606-0.

13. Косарев К. В. Воспитание ответственности с точки зрения педагогики и психологии // Теория и практика научных исследований: психология, педагогика, экономика и управление. 2018. № 3 (3). С. 33–41. EDN: MAKSVN.

14. Крыжская Н. А. К проблеме актуализации эмоционально-волевых детерминант самовоспитания личности школьников в творчестве В. А. Сухомлинского // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 3 (43). С. 170–179. EDN: UHFQPB.

15. Болтырова Т. М., Доржинов Ч. В. Гражданская ответственность молодого поколения // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2025. № 1 (50). С. 42–47. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82588128 (дата обращения: 21.09.2026). DOI: 10.24412/2071-7830-2025-150-42-47.

16. Хаблиева С. Р. Формирование гуманистического мировоззрения обучающихся через изучение и сохранение культурно-исторического наследия // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова. 2025. № 4. С. 193–201. DOI: 10.29025/1994-7720-2025-4-193-201.

17. Дзидзоева С. М., Киргуева Ф. Х. Военно-патриотическое воспитание обучающихся в партнерстве с семьей: на материалах РСО-Алания. Монография. Ульяновск: Издательство «Зебра». 2024, 170 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_79306586_35354745.pdf. (дата обращения: 21.08.2026). ISBN 978-5-93856-877-8.

18. Макеева Е. А., Макеева И. А., Колесин А. А. Деятельность студенческих добровольческих объединений в системе реализации третьей миссии университета // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2023. № 5. С. 39–41. DOI: 10.23672/SAE.2023.87.99.018.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147:004
DOI

CC BY 4.0

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ У СТУДЕНТОВ В РАМКАХ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

**Шарыпова Н. В. ORCID ID 0000-0003-0942-5630,**
**Милованова Л. А. ORCID ID 0000-0003-3882-3814, Воронкова В. Ю.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Шадринский государственный педагогический университет», Шадринск, Российская Федерация, e-mail: sharnadvla@yandex.ru*

В статье рассматривается проблема развития цифровой грамотности у студентов – будущих учителей начальных классов в условиях цифровой трансформации образования. Актуальность исследования обусловлена противоречием между возрастающими требованиями к уровню цифровой компетентности педагогов и недостаточной практической подготовкой студентов педагогических направлений к использованию современного цифрового оборудования. Цель исследования – в пилотном формате проверить динамику уровня цифровой грамотности у студентов – будущих учителей начальных классов после реализации комплекса методических приемов в процессе внеаудиторной работы. Экспериментальная работа проведена на базе Педагогического технопарка «Кванториум» Шадринского государственного педагогического университета. На констатирующем этапе использовались анкетирование и самоотчетная методика оценки цифровой грамотности; на формирующем этапе реализован комплекс из шести практико-ориентированных приемов, включающих работу с онлайн-инструментами, цифровым микроскопом, датчиками pH, искусственным интеллектом, а также экскурсию в технопарк. Результаты показали положительную динамику самооценки цифровой грамотности студентов, статистически подтвержденную с использованием Т-критерия Вилкоксона. Наибольший прирост зафиксирован в навыках работы с программным обеспечением и коммуникативных навыках. В рамках пилотного исследования авторы приходят к выводу, что ключевым условием выявленной положительной динамики является ориентация на самостоятельную практическую деятельность студентов с цифровым оборудованием. В силу ограничений пилотного дизайна (отсутствие контрольной группы, малая выборка, самоотчетный характер диагностики) полученные результаты требуют дальнейшей проверки в контролируемых условиях, включая сравнение с аудиторным форматом.

**Ключевые слова: цифровая грамотность, цифровая лаборатория, цифровой датчик, лабораторные опыты, методические приемы, внеаудиторная работа, будущий учитель начальных классов**

# METHODOLOGICAL TECHNIQUES FOR DEVELOPING DIGITAL LITERACY AMONG STUDENTS THROUGH EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

**Sharypova N. V. ORCID ID 0000-0003-0942-5630,**
**Milovanova L. A. ORCID ID 0000-0003-3882-3814, Voronkova V. Yu.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Shadrinsk State Pedagogical University", Shadrinsk, Russian Federation, e-mail: sharnadvla@yandex.ru*

This article examines the development of digital literacy in students – future primary school teachers – in the context of the digital transformation of education. The relevance of the study stems from the contradiction between the increasing demands on teachers' digital competence and the insufficient practical training of pedagogical students in the use of modern digital equipment. The aim of the study was to pilot the development of digital literacy in students – future primary school teachers – following the implementation of a set of methodological techniques during extracurricular activities. The experimental study was conducted at the Quantorium Pedagogical Technopark of Shadrinsk State Pedagogical University. A questionnaire and self-report method for assessing digital literacy were used during the ascertaining stage; a set of six practice-oriented techniques was implemented during the formative stage, including work with online tools, a digital microscope, pH sensors, artificial intelligence, and a tour of the technology park. The results showed positive dynamics in students' self-assessment of digital literacy, statistically confirmed using the Wilcoxon T-test. The largest gains were recorded in software skills and communication skills. In their pilot study, the authors concluded that the key to the observed positive dynamics was the focus on students' independent, hands-on learning with digital equipment. Due to the limitations of the pilot design (lack of a control group, small sample size, and self-reported assessment), the findings require further verification under controlled conditions, including comparison with a classroom setting.

**Keywords: digital literacy, digital laboratory, digital sensor, laboratory experiments, methodological approaches, extracurricular activities, future primary school teachers**

## Введение

Цифровая трансформация образования, закрепленная в Указе Президента Российской Федерации № 203 «О Стратегии развития информационного общества» [1], требует обновления профессиональной подготовки педагогов, ключевым компонентом которой становится высокая цифровая грамотность. Как справедливо отмечают Т. А. Бороненко и В. С. Федотова, в усло-

виях цифровизации школы именно учитель выступает центральным звеном в формировании цифровой грамотности обучающихся [2]. Однако, согласно исследованиям В. И. Блинова, цифровая трансформация образовательного процесса сталкивается с риском «оцифровки», когда новые технологии внедряются без трансформации педагогических целей [3, с. 4–5]. Кроме того, вызванный эпидемиологической ситуацией переход на дистанционное обучение выявил неготовность значительной части педагогов к работе в цифровой среде, что подтверждает наличие серьезных профессиональных дефицитов[1] [4]. В связи с этим перед педагогическими вузами возникает задача не просто обучить студента работе с программами, а сформировать у него устойчивый навык осознанного, безопасного и творческого применения цифровых инструментов в профессиональной деятельности [5–7].

Особый потенциал для решения этой задачи имеет внеаудиторная работа студентов. В отличие от жестко регламентированных занятий, внеаудиторный формат позволяет выстроить индивидуальную траекторию, снять временные ограничения для практического экспериментирования с оборудованием и создать условия для неформального взаимодействия, что критически важно для формирования устойчивой мотивации [8; 9].

**Цель исследования** – в пилотном формате проверить динамику уровня цифровой грамотности у студентов – будущих учителей начальных классов после реализации комплекса методических приемов в процессе внеаудиторной работы.

## Материалы и методы исследования

Исследование базировалось на теоретических (анализ, моделирование) и эмпирических (анкетирование, педагогический эксперимент в одногрупповом дизайне, методы математической статистики) методах. Экспериментальная работа проведена на базе Педагогического технопарка «Кванториум» им. А. П. Рымкевича (естественно-научное направление) ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет». Выборку составили 26 студентов-первокурсников в возрасте 18–20 лет направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) («Дошкольное образование», «Начальное образование»).

На констатирующем этапе использовалась авторская анкета для выявления отношения студентов к цифровизации образования, опыта работы с цифровыми лабораториями и самооценки цифровых навыков. Уровень цифровой грамотности оценивался по методике Е. В. Макласовой, включающей четыре субшкалы: навыки работы с ПО, коммуникативные навыки, навыки работы с информацией и настройка оборудования [10]. Важно отметить, что данная методика основана на самоотчете респондентов, поэтому в работе используются термины «самооценка» и «самоотчетная диагностика». На формирующем этапе проведен комплекс мероприятий: серия из шести практико-ориентированных мастер-классов, научно-просветительская экскурсия в «Кванториум» с элементами практикума, а также самостоятельная проектная работа студентов [11; 12; 9]. На контрольном этапе проведена повторная диагностика. Для проверки статистической значимости различий использовался Т-критерий Вилкоксона для связанных выборок.

Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами, принятыми в Шадринском государственном педагогическом университете. Все участники дали письменное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных. Анонимность и конфиденциальность ответов гарантированы. Данные, полученные в ходе исследования, хранятся в обезличенном виде и доступны для запроса у авторов.

## Результаты исследования и их обсуждение

Анкетирование позволило выявить несколько ключевых тенденций. На вопрос о знании цифровых датчиков (цифровой лаборатории) утвердительно ответили лишь 53,8 % первокурсников. Только 19,2 % студентов имели возможность работать с цифровыми датчиками в школе, причем все они затруднились с указанием конкретного предмета, что свидетельствует о фрагментарном, скорее ознакомительном, характере такого опыта. В вузе на момент исследования с цифровыми датчиками работали 15,4 % студентов, и все они указали дисциплину «Информатика».

При ответе на вопрос о том, на каком предмете в рамках профессиональной деятельности учителя начальных классов можно проводить исследования с помощью цифровых датчиков, лишь 15,4 % назвали «Окружающий мир», в то время как 46,2 % указали та-

[1] Всероссийский опрос педагогов проведен Аналитическим центром НАФИ с 20 по 27 марта 2020 г. Опрошено 1100 российских педагогов (в том числе 800 учителей школ и 300 преподавателей вузов) из 8 федеральных округов. Сбор данных осуществлялся посредством телефонных интервью и онлайн-опроса. Половина педагогов оказались не готовы к переходу на дистанционное обучение // Аналитический центр НАФИ. 07.04.2020. [Электронный ресурс]. URL: https://nafi.ru/polls/polovina-pedagogov-okazalis-ne-gotovy-k-perekhodu-na-distantsionnoe-obuchenie/ (дата обращения: 29.09.2026).

кие дисциплины, как «Физика» или «Информатика». Это свидетельствует о том, что студенты сужают значение термина «цифровые» и связывают его исключительно с информационными технологиями, а не с естественнонаучным экспериментированием.

В качестве достоинств цифровизации образования студенты называли доступность (53,8 %), наглядность (46,2 %), индивидуализацию обучения (38,5 %). К недостаткам были отнесены: ухудшение зрения (69,2 %), технические проблемы и зависимость от интернета (57,7 %), отвлечение от образовательного процесса (50 %).

Результаты самооценки цифровых навыков представлены в таблице, из которой видно, что уровень владения большинством базовых навыков (доступ к контенту, размещение материалов, прохождение тестирования, коммуникация) студенты оценивают как высокий (более 80 %). Однако навык работы с цифровой лабораторией имеют, по самооценке, лишь 7,7 % респондентов, при этом 84,6 % считают его необходимым для профессиональной деятельности.

Самоотчетная диагностика по методике Е. В. Макласовой выявила, что лишь 7,7 % студентов имеют высокий уровень цифровой грамотности (по самооценке), 34,6 % – средний, а 57,7 % – низкий. Наиболее сильное отставание наблюдается по шкалам «навыки работы с ПО» и «настройка оборудования». Эти данные отражают субъективное восприятие студентами своих компетенций и указывают на зоны потенциального дефицита, требующие целенаправленного формирования.

Для преодоления выявленных дефицитов был разработан комплекс из шести методических приемов, реализованных в рамках внеаудиторной работы.

1. Применение онлайн-инструментов для групповой работы со школьниками. Студентам были представлены возможности Google и Яндекс Форм для создания тестов, опросников, викторин и квизов. В ходе практической деятельности будущие учителя самостоятельно разработали квиз к разделу «Человек и природа» (3 класс) по теме «Методы изучения природы. Разнообразие веществ в окружающем мире» с целью закрепления изученного материала. Данный прием позволил студентам освоить инструменты оперативной диагностики знаний, научиться использовать автоматическую обработку результатов и организовать обратную связь с обучающимися, что непосредственно развивает информационную и коммуникативную грамотность. Подходы к интеграции подобных заданий в профессиональную подготовку педагогов описаны в работах Е. В. Малеевой и Е. Ю. Темниковой [13].

Результаты ответа на вопрос о цифровых навыках,
которыми обладает или должен обладать будущий учитель начальных классов

| Варианты цифровых навыков | Обладает студент | | Должен обладать учитель начальных классов | |
|---|---|---|---|---|
| | Кол-во студентов | % | Кол-во студентов | % |
| Навыки доступа к электронному образовательному контенту (лекциям, презентациям и т. д.) | 24 | 92,3 | 26 | 100 |
| Навыки размещения материалов (ответов на задания, обмен файлами и пр.) | 25 | 96,2 | 26 | 100 |
| Навыки прохождения тестирования | 26 | 100 | 22 | 84,6 |
| Навыки коммуникации в режиме онлайн со всеми участниками образовательного процесса (преподавателями, другими студентами, представителями администрации) | 23 | 88,5 | 26 | 100 |
| Навыки онлайн-консультирования с преподавателями | 22 | 84,6 | 24 | 92,3 |
| Навыки систематизации и хранения результатов образовательной и внеучебной деятельности (собственные архивы, портфолио, резюме) | 21 | 80,8 | 24 | 92,3 |
| Навыки участия в вебинарах | 20 | 76,9 | 23 | 88,5 |
| Навыки работы на интернет-тренажерах | 23 | 88,5 | 24 | 92,3 |
| Навыки совместной деятельности в онлайн-формате | 24 | 92,3 | 25 | 96,2 |
| Навыки подачи/получения документов | 26 | 100 | 25 | 96,2 |
| Навыки работы с цифровой лабораторией | 2 | 7,7 | 22 | 84,6 |
| Навыки использования электронных библиотек и баз данных | 21 | 80,8 | 24 | 92,3 |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

2. Микроскопирование с использованием цифрового микроскопа на примере изучения горных пород и минералов. На занятии студенты познакомились с особенностями строения, техникой безопасности и правилами работы со световым и цифровым микроскопами, их разрешающей способностью и отличительными особенностями. В презентационном формате они разработали чек-лист для практической работы по изучению состава гранита с учетом санитарных правил. Прием направлен на освоение технологической грамотности и формирование умения проектировать исследовательскую деятельность младших школьников, что особенно важно для уроков окружающего мира. Методические аспекты использования цифрового микроскопа в начальной школе подробно раскрыты в исследовании К. Г. Габдулиновой [12].

3. Изучение и применение цифрового датчика pH. Студентам рассказали о цифровых лабораториях, разных видах датчиков, принципах их работы и преимуществах по сравнению с традиционным оборудованием. Будущие учителя начальных классов, работая в парах, исследовали состав различных видов почв, определили pH среды и соотнесли результаты с пригодностью почв в хозяйственной деятельности человека. Прием формирует естественно-научную грамотность и умение интегрировать цифровое оборудование в практико-ориентированные занятия.

4. Научно-просветительская экскурсия с элементами мастер-класса в Педагогический технопарк «Кванториум» им. А. П. Рымкевича (естественно-научное направление) Шадринского государственного педагогического университета. Студенты познакомились с применением цифрового оборудования для проектной деятельности с обучающимися начальных классов. Поработав с датчиками (pH, температуры, электропроводности, мутности, содержания кислорода и углекислого газа), студенты соотносили предложенные тематики школьных проектов, формулировали цели, гипотезы и уточняли преимущества применения конкретных цифровых инструментов. Прием развивает проектные и исследовательские компетенции, умение планировать эксперимент и интерпретировать количественные данные. Возможности использования цифровых лабораторий в проектной деятельности младших школьников рассматриваются в работе Д. А. Чугуновой [11].

5. Создание сценария и генерирование видеофрагмента физкультминутки с ИИ-инструментами. Студентам была предложена тематика «Круговорот воды в природе», представлен пошаговый алгоритм разработки, объяснены особенности промптов, примеры их заполнения, критерии педагогической и фактической проверки результата. Наиболее удачным стал вариант «Путешествие капли воды», где герой-капля показывал упражнения (поднятие рук, бег, прыжки), которые должны были повторить учащиеся. Прием развивает креативность, навыки работы с искусственным интеллектом и умение персонализировать обучение.

6. Прием соотнесения заданий ВПР с лабораторным опытом. Студентам были предложены виды заданий из ВПР по предмету «Окружающий мир», и они должны были предложить вариант, моделирующий реальные исследовательские ситуации. Например, задание «Работа с иллюстрацией» (рисунок листа растения), процесс имитации «Объясни, почему лист зеленый?» имитировалось через мини-исследование под цифровым микроскопом; задание «Анализ диаграммы или таблицы» – имитация «Сравни всхожесть семян гороха с кислотностью почв» – через анализ табличных данных с датчиков цифровой лаборатории; задание «Работа с календарем погоды или дневником наблюдений» – имитация «Отметь, какие явления природы сегодня ожидаются» – через использование цифровой лаборатории «Школьная метеостанция» с фиксацией данных температуры, влажности, давления, количества осадков, скорости и направления ветра и их анализом. Данный прием помогает выстроить подготовку к ВПР на основе практического опыта и развивает логическое мышление. Эффективность практико-ориентированных задач как средства формирования цифровой грамотности будущих педагогов обоснована в исследовании Е. С. Васевой и Н. В. Бужинской [14].

Повторная диагностика с использованием методики Е. В. Макласовой показала положительную динамику самооценки. Доля студентов с высоким уровнем цифровой грамотности увеличилась с 7,7 до 26,9 %, со средним – с 34,6 до 53,8 %, а доля студентов с низким уровнем сократилась с 57,7 до 19,2 %.

Наибольший прирост зафиксирован по шкалам «навыки работы с ПО» и «коммуникативные навыки». Рефлексивная беседа показала, что 92,3 % студентов отметили повышение уверенности при работе с цифровым оборудованием, 84,6 % – готовность использовать полученные навыки в будущей профессиональной деятельности.

Статистическая проверка с использованием Т-критерия Вилкоксона показала, что сдвиг в уровнях цифровой грамотности является статистически значимым ($T = 12$, $p < 0{,}01$).

Полученные данные согласуются с выводами В. И. Блинова о необходимости перехода от «оцифровки» к содержательной трансформации обучения [3]. Примененные приемы, основанные на практическом экспериментировании, позволили сократить разрыв между декларируемой потребностью в навыках и их самооценкой. Исследование Я. В. Дмитриева и соавт. показывает, что такой разрыв (между нормативными требованиями де-юре и реальной практикой де-факто) характерен для многих направлений подготовки, и его преодоление требует внедрения практико-ориентированных методик [15]. Эффективность подхода также подтверждается схожими результатами исследований Е. К. Калашниковой и Е. К. Карпова, показавшими, что целенаправленная диагностика и практико-ориентированное обучение значительно повышают цифровую грамотность студентов [5]. В рамках пилотного исследования внеаудиторный формат позволил студентам сосредоточиться на исследовательской деятельности, обеспечив большую свободу для экспериментирования [6; 9].

*Ограничения исследования.* Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации результатов. Во-первых, использован одногрупповой дизайн без контрольной группы, что не позволяет делать однозначные выводы о причинно-следственных связях и исключить влияние внешних факторов. Однако пилотный характер работы допускает такую схему, поскольку ее цель заключалась в первичной проверке работоспособности методического комплекса в реальных условиях вуза. Во-вторых, выборка ограничена 26 студентами одного вуза, что ограничивает возможность обобщения результатов. Вместе с тем полученные статистически значимые сдвиги ($p < 0,01$) на такой ограниченной выборке свидетельствуют о выраженности эффекта, что делает целесообразным проведение расширенного исследования с большим количеством участников. В-третьих, диагностика строилась на самоотчетных данных, а не на объективных практических заданиях. Это осознанное ограничение первого этапа работы; в перспективе оно будет преодолено за счет включения объективных измерителей (например, анализа выполненных студентами практических кейсов). В-четвертых, отсутствует отсроченный контроль, поэтому устойчивость полученных изменений не проверялась. Тем не менее положительная динамика сразу после вмешательства является необходимым условием для дальнейшего наблюдения за сохранностью эффекта. В-пятых, применялся комплексный пакет вмешательства (шесть приемов одновременно), что не позволяет выделить вклад каждого отдельного приема. Это ограничение открывает направление для последующих исследований, посвященных сравнительному анализу эффективности отдельных методических приемов. Наконец, исследование не включало оценку влияния на учебные достижения обучающихся, что является закономерным этапом для последующих работ, ориентированных на оценку отсроченного педагогического эффекта.

Несмотря на перечисленные ограничения, представленные результаты имеют самостоятельную ценность как обоснование для проведения более масштабного сравнительного экспериментального исследования. Пилотный характер работы позволил апробировать диагностический инструментарий, отработать процедуру проведения вмешательства и выявить зоны наибольшего прироста цифровой грамотности, что создает основу для корректировки методики и ее последующей проверки в контролируемых условиях.

## Заключение

Проведенное пилотное исследование показало положительную динамику самооценки цифровой грамотности студентов после реализации комплекса методических приемов в рамках внеаудиторной работы. Ключевым условием выявленной динамики является ориентация на самостоятельную практическую деятельность студентов с цифровым оборудованием. В силу описанных ограничений полученные результаты следует рассматривать как предварительные. Для подтверждения эффективности конкретных приемов и формата работы необходимы дальнейшие исследования с контрольными группами, объективными измерителями, отсроченным контролем и раздельным анализом каждого методического приема. Полученные результаты определяют направления для продолжения исследования в области изучения методических приемов, способствующих развитию конкретных цифровых компетенций, проектирования модели формирования и развития цифровой грамотности студентов в рамках предметных дисциплин, выявлению наиболее эффективных методов и приемов освоения цифровых инструментов, способствующих подготовке студентов к профессиональной деятельности.

## Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».

[Электронный ресурс]. URL: http//www.kremlin.ru/acts/bank/41919 (дата обращения: 01.07.2026).

2. Бороненко Т. А., Федотова В. С. Исследование цифровой компетентности педагогов в условиях цифровизации образовательной среды школы // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. 2021. Т. 27. № 1. С. 51–61. DOI: 10.18287/2542-0445-2021-27-1-51-61.

3. Блинов В. И., Сергеев И. С., Есенина Е. Ю. Основные идеи дидактической концепции цифрового профессионального образования и обучения. М.: Перо, 2019. 24 с. ISBN 978-5-00122-911-7.

4. Турашова Ш. П. Формирование навыков цифровой грамотности у студентов вузов // Образование и воспитание. 2022. № 2 (38). С. 50–53. URL: https://moluch.ru/th/4/archive/219/7157/ (дата обращения: 28.06.2026).

5. Калашникова Е. К., Карпов Е. К. Цифровая грамотность студентов: методика, тестирование, оценка // Вопросы образования / Educational Studies. Moscow. 2025. № 1. С. 169–196. URL: https://vo.hse.ru/article/view/17011 (дата обращения: 18.07.2026). DOI: 10.17323/vo-2025-17011. EDN: AYRECD.

6. Пеша А. В. Развитие цифровых компетенций и цифровой грамотности в XXI веке: обзор исследований // Образование и саморазвитие. 2022. Т. 17. № 1. С. 201–220. URL: https://eandsdjournal.kpfu.ru/ru/wp-content/uploads/sites/3/2022/04/171.pdf (дата обращения: 18.07.2026).

7. Сергеева Л. А. Развитие цифровой грамотности будущих учителей начальной школы // Педагогическое образование. 2024. Т. 5. № 9. С. 135–140. URL: https://po-journal.ru/archives/10942 (дата обращения: 07.07.2026).

8. Ячина Н. П., Фернандез О. Г. Г. Развитие цифровой компетентности будущего педагога в образовательном пространстве вуза // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2018. № 1. С. 134–138. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_816494611/Statya_VAK_2018___1.pdf. (дата обращения: 07.07.2026).

9. Рогозин С. А., Кудинов В. В., Мешков В. Д., Сенькин М. Е. Развитие цифровой грамотности будущего учителя в период первого года обучения в университете // Перспективы науки и образования. 2023. № 6 (66). С. 67–88. URL: https://pnojournal.wordpress.com/2024/01/05/rogozin/ (дата обращения: 07.07.2026). DOI: 10.32744/pse.2023.6.4.

10. Макласова Е. В., Жаркова А. П., Родионов Г. Я. Методика оценки цифровой грамотности студентов // Психологический журнал. 2025. Т. 46. № 1. С. 84–94. URL: https://psyjournras.ru/s3034588x25010098-1/ (дата обращения: 23.05.2026). DOI: 10.7868/S3034588X25010098.

11. Чугунова Д. А. Цифровая лаборатория «Точка роста»: пропедевтика физики и естественно-научных дисциплин в начальной школе // Образование и воспитание. 2025. № 4 (56). С. 49–52. URL: https://moluch.ru/th/4/archive/288/9982 (дата обращения: 29.07.2026).

12. Габдулинова К. Г. Цифровой микроскоп как средство реализации практических методов обучения на уроках окружающего мира в начальной школе // Концепт. 2016. № S20. С. 12–16. URL: https://e-koncept.ru/2016/76226.htm (дата обращения: 30.07.2026).

13. Малеева Е. В., Темникова Е. Ю. Развитие цифровой компетентности будущих педагогов начальной школы // Управление образованием: теория и практика. 2023. Т. 13. № 2. С. 147–152. DOI: 10.25726/q4133-3361-5369-q.

14. Васева Е. С., Бужинская Н. В. Включение практико-ориентированных задач в содержание обучения как способ формирования цифровой грамотности будущего педагога // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2025. № 1 (65). С. 30–37. URL: https://vestnikshspu.ru/journal/article/view/1239 (дата обращения: 27.07.2026). DOI: 10.52772/25420291_2025_1_30.

15. Дмитриев Я. В., Алябин И. А., Бровко Е. И., Двинина С. Ю., Демьянова О. В. Развитие цифровых навыков у студентов вузов: де-юре vs де-факто // Университетское управление: практика и анализ. 2021. Т. 25. № 2. С. 59–79. URL: https://www.umj.ru/jour/article/view/1368 (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.15826/umpa.2021.02.015.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов-партнеров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2026 г. по теме «Формирование цифровой грамотности студентов – будущих учителей начальных классов через использование ресурсов Педагогического технопарка «Кванториум» (естественно-научное направление)» (06.26.10-7Д/16-405 от 02.06.2026).

**Financing:** The study was carried out with the financial support of research projects on the priority areas of activity of the partner universities of the South Ural State Humanitarian Pedagogical University and the Shadrinsk state pedagogical University in 2026 on the topic “Formation of Digital Literacy among Students – Future Primary School Teachers through the Use of Resources of the Pedagogical Technology Park “Quantorium” (Natural Sciences)” (06.26.10-7D/16-405 dated June 2, 2026).

УДК 372.857
DOI

CC BY 4.0

# СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДИКИ ТЬЮТОРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

**Шауфлер Д. М. ORCID ID 0009-0009-5841-5421**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет», Челябинск, Российская Федерация, e-mail: david.shaufler@gmail.com*

Познавательные интересы играют важную роль в обучении каждого школьника. Наблюдается неуклонное снижение познавательных интересов в условиях современной системы образования из-за большого числа обязательных проверочных работ и усиленной подготовки к ним. Биология, в свою очередь, является исключительно важной дисциплиной с точки зрения практико-ориентированной направленности знаний. Тьюторское сопровождение является перспективным инструментом в вопросах формирования познавательных интересов, благодаря акценту на индивидуализации обучения и развитии личности обучающихся. Целью настоящего исследования является разработка и обоснование структурно-функциональной модели методики тьюторского сопровождения, эффективной в вопросах формирования познавательных интересов школьников при изучении биологии. Исследование проводилось на базе средней общеобразовательной школы и охватывало 56 обучающихся 9-го класса. Констатирующая диагностика уровня сформированности познавательных интересов у обучающихся при изучении биологии выявила преобладание в экспериментальной группе респондентов со средним уровнем, что подтвердило необходимость формирования познавательных интересов школьников. Авторская модель методики состоит из мотивационно-целевого, содержательно-организационного, процессуально-методического и оценочно-результативного блоков. Проведенная формирующая диагностика и анализ ее результатов дают основания считать разработанную модель методики тьюторского сопровождения эффективной в вопросах формирования познавательных интересов школьников при изучении биологии.

**Ключевые слова: тьюторское сопровождение, учитель-тьютор, обучение биологии, познавательный интерес, модель методики**

# STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL OF TUTOR SUPPORT METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF SCHOOLCHILDREN'S COGNITIVE INTERESTS IN THE STUDY OF BIOLOGY

**Shaufler D. M. ORCID ID 0009-0009-5841-5421**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Chelyabinsk State University", Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: david.shaufler@gmail.com*

Cognitive interests play an important role in the education of every schoolchild. There is a steady decline in cognitive interest in the modern education system due to the large number of mandatory test papers and intensive preparation for them. Biology, in turn, is an extremely important discipline from the point of view of the practice-oriented knowledge. Tutor support is a promising tool in the formation of cognitive interest, due to the emphasis on the individualization of learning and the development of schoolchildren's personality. The purpose of this study is to develop and substantiate a structural and functional model of the tutor support methodology that is effective in shaping the cognitive interest of schoolchildren in the study of biology. The study was conducted on the basis of a secondary school and included 56 9th grade schoolchildren. The ascertaining diagnosis of the level of formation of cognitive interests among students in the study of biology revealed the predominance of respondents with an average level in the experimental group, which confirmed the need to form the cognitive interest of schoolchildren. The author's model of the methodology consists of motivational-targeted, substantive-organizational, procedural-methodological and evaluative-effective blocks. The conducted formative diagnostics and the analysis of its results give grounds to consider the developed model of the tutor support methodology effective in the formation of cognitive interests of schoolchildren in the study of biology.

**Keywords: tutor support, tutor teacher, biology teaching, cognitive interest, methodology model**

## Введение

В настоящее время важное место в обучении и воспитании подростков играет формирование их личностных способностей, самостоятельности, навыков поиска новых знаний с возможностью последующего применения на практике, умения решать ситуационные проблемы. Именно по этой причине федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования в качестве актуальной задачи современного образования ставит форми-

рование познавательных интересов обучающегося, обращенных на усвоение новой системы знаний, совершенствование самостоятельности и креативности школьника, а также исследовательской деятельности [1].

Однако из-за большого количества проверочных работ, входящих в обязательный перечень (например, всероссийские проверочные работы), образовательный процесс сфокусирован не на получении жизненно важных знаний, а на интенсивной подготовке к экзаменационным работам. Исследования В. И. Паллоты, Т. В. Сичкарь, Н. К. Алимовой подтверждают, что подобная «оторванность» получаемых знаний от реальной жизни значительно снижает познавательные интересы школьника [2]. Данная ситуация не соответствует потребностям не только общества, но и самих обучающихся, которым важно понимать ценность биологического знания, актуального в современном мире и для жизни каждого человека. Вышеописанное противоречие говорит о необходимости поиска способов формирования познавательных интересов школьников. В данном случае автор видит потребность в тьюторском сопровождении, так как эта технология ориентирована на индивидуализацию обучения. Тьюторское сопровождение неоднократно доказывало свою эффективность в вопросах формирования познавательных интересов школьников, однако с этой целью в контексте изучения биологии данная технология практически не рассмотрена [3–5]. Таким образом, разработка методики применения тьюторского сопровождения в формировании познавательных интересов к биологии имеет как практическую, так и теоретическую значимость.

**Цель исследования** – разработка и обоснование структурно-функциональной модели методики тьюторского сопровождения, эффективной в вопросах формирования познавательных интересов школьников при изучении биологии.

## Материалы и методы исследования

К участию в исследовании были привлечены обучающиеся 9-х классов средней общеобразовательной школы. Именно такой контингент был выбран по нескольким причинам. Во-первых, обучение в 9-м классе приходится на стык среднего и старшего школьных возрастов, что приводит к закономерной перестройке системы мотивационных ценностей школьников на практическую составляющую знаний [6]. Во-вторых, обучающиеся 9-го класса находятся в условиях высокой экзаменационной нагрузки, что переводит акцент образовательного процесса с получения ценностно значимых и практико-ориентированных знаний на успешное написание тестов. В-третьих, в общеобразовательной программе по биологии для 9-го класса освещается, по мнению автора, наиболее важный для школьников раздел биологической науки – анатомия. Поэтому снижение познавательных интересов в данном случае приобретает еще большую негативную окраску.

В связи с отсутствием современных валидированных методик, предназначенных для оценки уровня сформированности познавательных интересов к биологии, автором был разработан собственный комплексный критериально-диагностический инструментарий в форме теста. В его основу легли «Модифицированный опросник диагностики самоактуализации личности САМОАЛ» (А. В. Лазукин в адаптации Н. Ф. Калиной) и «Опросник мотивации» (модифицированный вариант Т. А. Нежновой, Д. Б. Эльконина, А. Л. Венгера) [7; 8].

Всего в исследовании принимали участие 56 девятиклассников, из которых 26 чел. входили в экспериментальную группу, а 30 чел. – в контрольную. Констатирующая диагностика при помощи разработанного инструментария в экспериментальной группе показала следующее распределение уровней сформированности познавательных интересов при изучении биологии: низкий уровень продемонстрировали 2 чел. (7,7 %), средний уровень – 20 чел. (76,9 %), высокий уровень – 4 чел. (15,4 %). Значительное преобладание у обучающихся среднего уровня сформированности познавательных интересов и наличие учащихся, демонстрирующих низкий уровень, убедили автора в необходимости применения целенаправленных действий по формированию познавательных интересов с использованием тьюторского сопровождения, обуславливая необходимость разработки модели методики данного процесса.

В работе с детьми подросткового возраста автор придерживался обязанностей и этических основ, описываемых в ст. 48 п. 1. Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (ред. от 25 апреля 2026 г.) [9]. Этическая процедура работы строилась на ряде принципов, обеспечивающих доверие, безопасность и эффективность тьюторского сопровождения: конфиденциальность, безоценочность, уважение к личности и автономии, ненанесение вреда, соблюдение границ собственной компетентности, честность и прозрачность взаимоотношений, ответственность перед обществом. При реализации курса внеурочной деятель-

ности «Занимательная биология» применялись этические принципы, предложенные К. В. Терентьевой и О. С. Маметьевой [10]: благодеяния, ненасилия, автономии, толерантности, ответственности и компетентности. Школьники участвовали в настоящем исследовании добровольно, дали свое согласие и имели право отказаться от участия на любом этапе эксперимента. Согласно ст. 44 п. 6. Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (ред. от 25 апреля 2026 г.) перед началом работы родителями обучающихся было подписано информированное согласие на осуществление педагогического сопровождения детей, их участие в исследовании, диагностику и обработку результатов [9]. Настоящее исследование было одобрено руководством средней общеобразовательной школы, служащей базой проведения эксперимента. Исследовательская процедура регламентирована ст. 20 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (ред. от 25 апреля 2026 г.) [9]. Результаты исследования обезличены.

## Результаты исследования и их обсуждение

Для осуществления тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов школьников при изучении биологии автором была разработана структурно-функциональная модель методики данной деятельности. Выбор структурно-функциональной модели в настоящем исследовании связан с динамичностью процесса формирования познавательных интересов у обучающихся. Е. В. Яковлев отмечает, что структурно-функциональные модели делают акцент на структуре исследуемого феномена и связи между его компонентами [11]. Вышеописанные особенности структурно-функциональной модели позволяют осуществить последовательность и этапность процесса тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов у обучающихся при изучении биологии.

Разработанная модель методики состоит из мотивационно-целевого, содержательно-организационного, процессуально-методического и оценочно-результативного блоков (рис. 1). Опишем содержание каждого блока.

*Мотивационно-целевой блок* модели методики включает цель, которую необходимо реализовать в процессе работы, отражает потребность общества и государства в формировании личностных способностей обучающихся и описывает нормативную регламентацию данного исследования. К директивным документам и законам, на которые автор опирался в своем исследовании, относятся:

− Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утвержден приказом Минпросвещения России от 31 мая 2021 г. № 287, с изм. на 18 июня 2025 г.) – в данном документе особое внимание уделяется важности и особенностям формирования у обучающихся познавательных интересов [1];

− Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (ред. от 25 апреля 2026 г.) – в п. 3 ч. 1 ст. 34 регулируется право каждого школьника на обучение по индивидуальному учебному плану [9];

− Приказ Минтруда РФ от 30 января 2023 г. № 53Н «Об утверждении профессионального стандарта “Специалист в области воспитания”» – в приказе подробно описываются трудовые функции тьютора в работе с обучающимися [12].

Цель методики – формирование познавательных интересов обучающихся, ориентированных на усвоение системы биологических знаний, совершенствование их самостоятельности, креативности, исследовательской деятельности и осознанного отношения к здоровью, жизни и природе.

Поставленная цель определила методологическую основу данного исследования через комплекс системного, аксиологического и личностно-ориентированного подходов к обучению.

Системный подход рассматривался в трудах А. И. Субетто, З. И. Тюмасевой и позволил представить процесс получения биологических знаний как целостную педагогическую систему, ориентированную не только на усвоение этих самых знаний, но и на их важность и практическое применение в повседневной жизни школьника [13, с. 116–120; 14].

Аксиологический подход описывается в трудах И. Ф. Исаева, Е. Ю. Никитиной и др. [15–17]. В настоящем исследовании он необходим, чтобы сформировать у обучающихся биологически направленные ценностные ориентации и установить вектор для построения индивидуальной образовательной траектории.

Личностно ориентированный подход автор рассматривал с позиции исследований отечественных ученых А. Н. Цепковой, Л. А. Туленковой, И. С. Якиманской [18–20], а также некоторых иностранных трудов [21]. Данный подход лежит в основе тьюторского сопровождения и устанавливает фокус на личные качества, особенности и предпочтения обучающегося, с акцентом на развитие его личности.

*Рис. 1. Структурно-функциональная модель методики тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов у обучающихся при изучении биологии*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

*Содержательно-организационный блок* определяет стратегию педагогической деятельности при организации тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов обучающихся при изучении биологии. Опишем теоретическую основу и главные особенности данного процесса.

Явление познавательных интересов школьников широко исследовалось учеными. В большинстве своем исследователи описывают этот психолого-педагогический феномен как стремление обучающегося к познанию, однако единого общепринятого понимания природы этого явления в научной литературе не приводится. Например, С. Л. Рубинштейн определяет познавательные интересы как глубинный внутренний мотив, основанный на свойственной человеку врожденной потребности в приобретении новых знаний [22, с. 134].

Г. И. Щукина под этим явлением понимает избирательную направленность личности на познание окружающей действительности или «овладение сущностью познаваемого». Важными составляющими познавательного интереса она считает эмоциональный, интеллектуальный, регулятивный, творческий компоненты [23; 24, с. 34].

М. А. Якунчев, О. Ю. Гаврилюк, Н. Г. Семенова и А. И. Киселева во многом соглашаются с представлениями Г. И. Щукиной о природе и структуре познавательных интересов, однако дают собственное определение этого явления. Под познавательными интересами исследователи понимают активную познавательную направленность, связанную с положительным эмоционально окрашенным отношением к изучению предмета, преодолению трудностей, созданием успеха, с самовыражением и утверждением развивающейся личности в определенной предметной области [23].

Л. И. Божович, в свою очередь, рассматривает познавательные интересы с позиции мотивационной сферы подростков, неразрывно связывая их с социальными мотивами и внутренней потребностью личности в знаниях. Согласно представлениям Л. И. Божович познавательные и социальные мотивы школьников претерпевают различные изменения, вызванные взрослением ребенка. Например, у подростков среднего школьного возраста познавательные интересы имеют личностный характер и ориентированы на содержательную составляющую знаний. У обучающихся старшего школьного возраста, наоборот, познавательные интересы «направлены в будущее», то есть начинают воплощать их потребности и стремления, связанные с будущей позицией подростка в жизни [6]. Л. И. Божович также отмечает, что познавательные интересы в большой степени исходят от внутренней потребности личности в знаниях. Получение этих знаний сопровождается чувством удовлетворения от процесса познания нового [25, с. 130].

Несмотря на большое количество исследований в области познавательных интересов, в контексте изучения биологии данное явление практически не изучено. На основании представлений вышеописанных исследователей автором были выделены главные *компоненты* познавательных интересов обучающихся при изучении биологии: творческая активность школьника, положительное отношение к биологии как к предмету, стремление к познанию окружающего мира, человека и его здоровья, самостоятельность ученика, показатель его самореализации и личностного роста, характер социальных мотивов обучающихся, соответствующих их возрасту, владение биологическими знаниями. Для каждого компонента определена степень выраженности, в совокупности отражающая уровни сформированности познавательных интересов: низкий, средний и высокий.

Для выявления актуального уровня сформированности познавательных интересов при изучении биологии у школьников использовался комплексный критериально-диагностический инструментарий, разработанный на основе вышеописанных компонентов. Входящая в состав инструментария диагностика «Модифицированный опросник диагностики самоактуализации личности САМОАЛ» (А. В. Лазукин в адаптации Н. Ф. Калиной) позволяет выявить уровень сформированности таких компонентов, как стремление к познанию, самостоятельность, творческая активность, самореализация [7]. «Опросник мотивации» (модифицированный вариант Т. А. Нежновой, Д. Б. Эльконина, А. Л. Венгера) ориентирован на определение уровня и направленности учебных, познавательных и социальных мотивов, характера отношения к учебе [8]. Вышеописанные диагностики были адаптированы и ориентированы на определение критериев познавательных интересов подростков среднего и старшего школьных возрастов именно в контексте изучения биологии. Для установления уровня владения биологическими знаниями в критериально-диагностический аппарат были добавлены вопросы по пройденным темам из курса биологии.

Также в рамках содержательно-организационного блока был разработан курс внеурочной деятельности «Занимательная биология», включающий различные заня-

тия с использованием интерактивных методов обучения, направленные на формирование познавательных интересов и развитие ценностного отношения к биологическим знаниям. В рамках курса проводились такие занятия как: «"Голубая кровь" – миф или реальность?» (занятие в форме дебатов на интересные темы из курса анатомии), «Анатомический триллер – загадка ковбойской дуэли» (имитационно-деловая игра, позволяющая изучить закономерности дыхательной системы человека), «Симулятор нутрициолога» (групповая имитационно-ролевая игра по созданию авторского меню для персонажей) и др.

Параллельно с курсом «Занимательная биология» предполагается осуществление тьюторского сопровождения школьников и вовлечение их родителей в процесс формирования познавательных интересов их детей. Под руководством учителя-тьютора во внешкольное время обучающиеся активно участвовали в различных научно-познавательных мероприятиях, посещали экскурсии, занимались исследовательской и проектной деятельностью, как самостоятельно, так и совместно с родителями.

Эффективность мероприятий, реализуемых в содержательно-организационном блоке, поддерживается благодаря *процессуально-методическому блоку* структурно-функциональной модели методики. Данный блок включает технологии, средства, формы организации учебного процесса и методы формирования познавательных интересов обучающихся при изучении биологии в условиях тьюторского сопровождения.

Авторская модель методики предполагает применение следующих *технологий*: построение индивидуальной образовательной траектории, открытое образовательное пространство, индивидуальные консультации, взаимодействие с родителями. Для осуществления тьюторской деятельности в условиях постоянно меняющихся интересов и предпочтений школьников автором был разработан специальный электронный ресурс «Открытое биологическое пространство», представляющий собой насыщенную разнообразной информацией виртуальную среду, где каждый обучающий имел возможность найти то, что ему интересно, в рамках биологии и ряда смежных дисциплин. Ресурс регулярно пополнялся новыми материалами, например видеороликами, литературой, подкастами, актуальными мероприятиями и экскурсиями.

*Средствами* обучения, которые автор использовал в данном исследовании, являются: наглядные пособия, лабораторное оборудование, дидактические материалы, разработанный электронный ресурс «Открытое биологическое пространство».

При реализации курса внеурочной деятельности «Занимательная биология» и осуществлении процесса тьюторского сопровождения применялись следующие *формы обучения*: индивидуальная, коллективная, групповая. Из *форм организации обучения* использовались: лабораторная и практическая работы, экскурсия.

Так как, согласно представлениям Л. И. Божович и Д. Б. Эльконина, ведущей формой деятельности в подростковом возрасте является интимно-личностное общение [6; 26], в своей работе автор применял *методы*, предусматривающие данный тип взаимодействий: проектный метод, мастер-класс, игровые методы, кейс-метод, дискуссия, коллективный способ обучения, активные методы обучения и др.

В процессе тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов обучающихся при изучении биологии учитель-тьютор также выполняет ряд важных *функций*: диагностическую, проектировочную, мотивационно-стимулирующую, навигационную и рефлексивную.

В состав *оценочно-результативного блока* модели методики входят компоненты познавательных интересов при изучении биологии, уровни их сформированности, а также комплексный критериально-диагностический инструментарий для определения этих уровней.

Выявив закономерности тьюторского сопровождения формирования познавательных интересов обучающихся при изучении биологии и разработав структурно-функциональную модель методики, автор определил комплекс педагогических условий, без которых невозможны эффективная реализация и полноценное функционирование этой методики:

– *создание открытого образовательного пространства* – под открытым образовательным пространством автор понимает специально созданную в процессе обучения биологии информационную среду, выходящую за пределы учебного класса и школы, отличающуюся так называемой «перенасыщенностью», то есть характеризующуюся избыточностью знаний и способов их получения [27]. Данное условие предполагает, что в рамках открытого образовательного пространства, за счет избыточности содержащейся в нем информации, каждый обучающийся сможет найти интересующий его источник получения биологических знаний. Примерами реализации этого педагогического условия являются: поддержка участия школьников в различных мероприятиях,

конкурсах, посещение экскурсий, создание проектов, использование ресурса «Открытое биологическое пространство» и т. п.;

– *применение методов интерактивного обучения, способствующих формированию познавательных интересов обучающихся* – в рамках этого условия каждое занятие курса внеурочной деятельности «Занимательная биология» было реализовано с использованием разнообразных интерактивных методов, например кейс-метода, коллективного способа обучений и др.;

– *организация взаимоотношений «учитель-тьютор – школьник – родитель»* – условие предполагает работу учителя-тьютора с родителями обучающихся и вовлечение их в образовательный процесс через демонстрацию важности семьи в формировании познавательных интересов. В контексте данного условия родители и обучающиеся участвуют в совместной активности под руководством учителя-тьютора, например посещают различные мероприятия и занимаются творческой деятельностью.

После реализации модели методики и комплекса педагогических условий ее эффективного функционирования была проведена формирующая диагностика уровня сформированности познавательных интересов в экспериментальной группе. Сравним получившиеся результаты с данными констатирующей диагностики (рис. 2).

После проведения формирующих мероприятий число обучающихся, демонстрирующих низкий уровень сформированности познавательных интересов при изучении биологии, снизилось с 2 (7,7 %) до 0, средний уровень – также снизилось с 20 (76,9 %) до 15 (57,7 %), количество учащихся с высоким уровнем, наоборот, увеличилось с 4 (15,4 %) до 11 (42,3 %). По результатам диагностики у обучающихся наблюдается равномерное повышение сформированности компонентов познавательных интересов при изучении биологии. Наиболее эффективно формировались следующие компоненты: стремление к познанию, учебные и познавательные мотивы. В целом обучающиеся стали чаще демонстрировать заинтересованность и устойчивое положительное отношение к изучению биологии, проявлять целеустремленность, активность и творческую инициативу в решении учебных задач, показывать навыки постановки целей и планирования своей деятельности. Были обнаружены следующие индивидуальные переходы между уровнями познавательных интересов при изучении биологии: у 2 обучающихся низкий уровень сменился на средний, 13 сохранили средний уровень, 7 перешли со среднего уровня на высокий, 4 продолжили демонстрировать высокий уровень. Матрица индивидуальных переходов между уровнями помещена в таблицу. Для выявления динамики изменений уровней познавательных интересов (Δ) и определения размера эффекта воздействия каждому уровню был присвоен числовой показатель: низкий – 1, средний – 2, высокий – 3. Исходя из этого, переход между уровнями условно можно обозначить следующим образом: повышение уровня сформированности познавательных интересов на 1 пункт – «+1», понижение на 1 пункт – «-1». Динамика изменений по уровням также отражена в таблице.

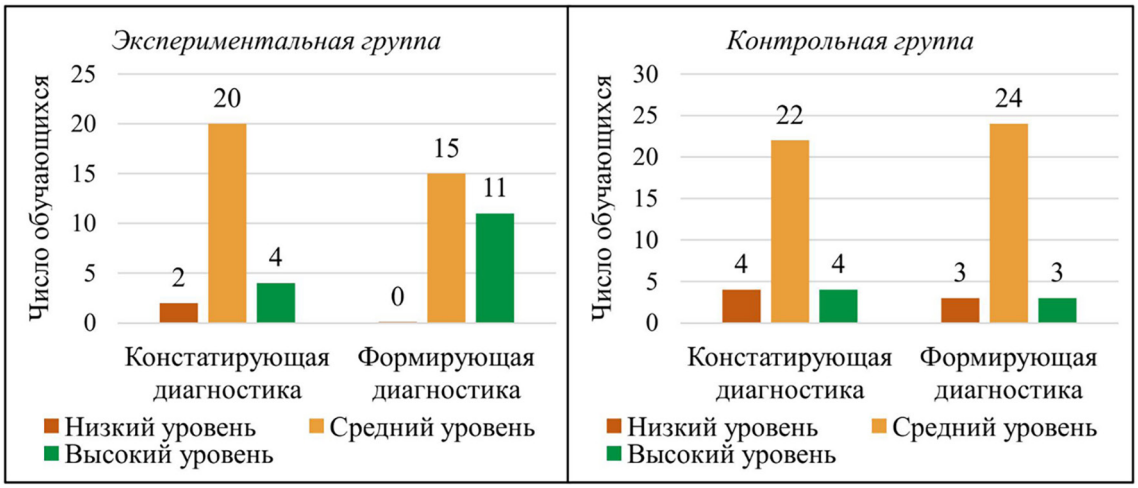



*Рис. 2. Результаты констатирующего и формирующего исследований уровня сформированности познавательных интересов при изучении биологии*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Матрица индивидуальных переходов обучающихся между уровнями сформированности познавательных интересов при изучении биологии

| | Экспериментальная группа, чел. | | | | Контрольная группа, чел. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| После / До | Низкий | Средний | Высокий | Δ | Низкий | Средний | Высокий | Δ |
| Низкий | 0 | 2 | 0 | +2 | 3 | 1 | 0 | +1 |
| Средний | 0 | 13 | 7 | +7 | 0 | 22 | 0 | 0 |
| Высокий | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 3 | -1 |
| Итого | 0 | 15 | 11 | +9 | 3 | 24 | 3 | 0 |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

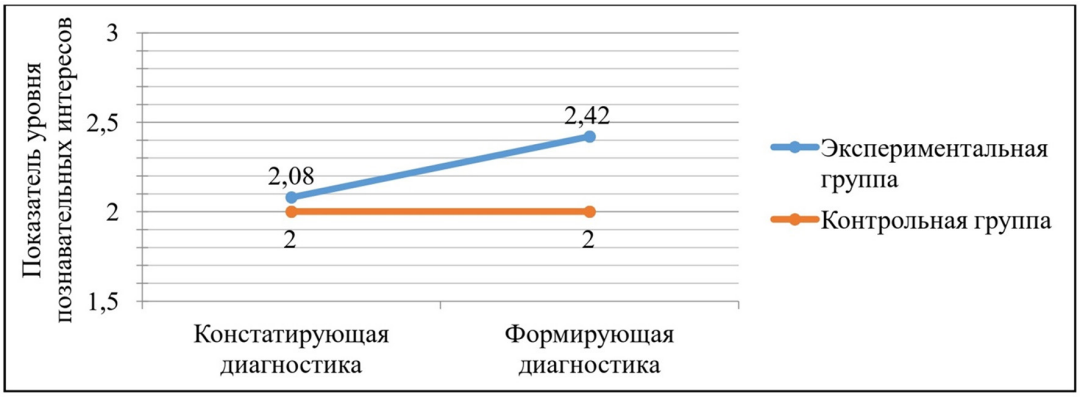



*Рис. 3. График взаимодействия – средние значения по группам × время*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Для проверки достоверности экспериментальных результатов автором была создана контрольная группа испытуемых, состоящая из 30 девятиклассников. Контрольная группа обучалась параллельно экспериментальной, однако вместо авторской методики тьюторского сопровождения в группе реализовывалась только общеобразовательная программа по биологии для 9-го класса. На констатирующем этапе эксперимента контрольная группа показала следующие результаты сформированности познавательных интересов: низкий уровень продемонстрировали 4 чел. (13,3 %), средний – 22 чел. (73,4 %), высокий – 4 чел. (13,3 %). Формирующая диагностика в контрольной группе выявила следующее распределение обучающихся по уровням познавательных интересов: низкий уровень – 3 (10 %), средний уровень – 24 (80 %), высокий уровень – 3 (10 %). В контрольной группе наблюдались следующие переходы между уровнями познавательных интересов при изучении биологии: 3 обучающихся продолжили демонстрировать низкий уровень, 1 перешел с низкого на средний, 22 остались на среднем уровне, у 1 ученика высокий уровень понизился до среднего, 3 сохранили высокий уровень. Матрица индивидуальных переходов между уровнями в контрольной группе также помещена в таблицу. Как можно увидеть из полученных результатов, уровень сформированности изменился незначительно, что может говорить о несущественном воздействии общеобразовательной программы по биологии на систему познавательных интересов.

Для оценки статистической достоверности полученных результатов был проведен смешанный дисперсионный анализ ANOVA (mixed-design ANOVA). Анализ выявил статистически значимые эффекты по основным факторам при N = 56:

− Основной эффект фактора *«Группа»* ($F(1, 54) = 4{,}23$, $p = 0{,}045$, $\eta^2_p = 0{,}073$, размер эффекта – средний).

− Основной эффект фактора *«Время»* ($F(1, 54) = 9{,}91$; $p = 0{,}003$; $\eta^2_p = 0{,}155$, размер эффекта – большой)

Выявленное статистически значимое взаимодействие фактора группы и времени ($F(1, 54) = 11{,}43$, $p = 0{,}001$, $\eta^2_p = 0{,}175$) указывает на гетерогенность динамики исследуемого показателя в зависимости от принадлежности к экспериментальной или контрольной группе. Величина эффекта взаимодействия ($\eta^2_p = 0{,}175$) указывает на существенную долю дисперсии,

обусловленную различиями в динамике познавательного интереса между группами. Анализ средних значений показал, что в экспериментальной группе наблюдается статистически значимый рост показателя уровня познавательных интересов при изучении биологии с 2,08 до 2,42, тогда как в контрольной группе значение не изменилось и составило 2 (рис. 3). Вышеописанное свидетельствует об эффективности экспериментального воздействия, которое привело к статистически значимому улучшению показателя познавательных интересов при изучении биологии.

На основании матрицы индивидуальных переходов обучающихся между уровнями сформированности познавательных интересов при изучении биологии был рассчитан точный критерий симметрии Боукера (Макнемара – Боукера) для зависимых выборок при помощи программного пакета Wolfram Mathematica. При уровне значимости $\alpha$, равном 0,05, показатель $p$ для экспериментальной группы составляет 0,0078, что меньше показателя $\alpha$. Это говорит о том, что в данных до и после проведения эксперимента присутствуют статистически значимые изменения. В контрольной группе показатель $p$ равен 1, что указывает на отсутствие статистически значимых различий между сравниваемыми выборками.

Для сравнения экспериментальной и контрольной групп и вычисления размера эффекта воздействия авторской модели методики на познавательные интересы школьников при изучении биологии был применен U-критерий Манна – Уитни. $U_{кр}$ равен 270 (при уровне значимости $\alpha$, равном 0,05), $U_{эмп}$ равен 259,5. $U_{эмп} < U_{кр}$, что говорит о статистической значимости различий. При $p$, равном 0,002, размер эффекта $r$ составляет 0,41 (средний). 95 % доверительный интервал разности: от 0,13 до 0,56 (степень свободы $df$ равна 37,24). Интервал не накрывает ноль, следовательно, при $\alpha$ = 0,05 различия между группами статистически значимы.

Исходя из полученных результатов, можно предполагать, что авторская модель методики тьюторского сопровождения формирования у обучающихся познавательных интересов при изучении биологии и комплекс педагогических условий ее реализации являются эффективными в рамках данного эксперимента и могут быть использованы школьными педагогами в образовательном процессе.

## Заключение

Познавательные интересы выражаются в стремлении обучающегося к познанию окружающего мира и играют важную роль в учебной деятельности школьника. Однако на фоне большого количества обязательных проверочных работ и усиленной подготовки к ним познавательные интересы обучающихся неуклонно снижаются. Эффективное использование технологий тьюторского сопровождения способно оказать положительное влияние на состояние познавательных интересов обучающихся.

Для понимания структуры познавательных интересов при изучении биологии и последующего их формирования автор выделил следующие компоненты этого явления: творческая активность школьника, положительное отношение к биологии как к предмету, стремление к познанию биологических явлений, самостоятельность ученика, его самореализация и личностный рост, соответствующие возрасту обучающегося социальные мотивы, владение биологическими знаниями. Данные компоненты необходимо учитывать при формировании познавательных интересов при изучении биологии у школьников.

Разработанная структурно-функциональная модель методики тьюторского сопровождения, состоящая из мотивационно-целевого, содержательно-организационного, процессуально-методического и оценочно-результативного блоков, и комплекс педагогических условий ее реализации направлены на формирование у обучающихся познавательных интересов при изучении биологии. Формирование осуществляется через взаимосвязь тьюторского сопровождения интересов школьников и авторский курс внеурочной деятельности «Занимательная биология», включающий специально подобранный комплекс методов, технологий, средств и форм организации обучения.

Статистическая значимость результатов исследования, проведенного с обучающимися 9-го класса на базе общеобразовательной школы, дает основания считать авторскую модель методики эффективной и открывает возможность к ее практическому применению школьными педагогами.

## Список литературы

1. Приказ Минпросвещения России от 31 мая 2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» (ред. от 18 июня 2025 г.): зарегистрирован в Минюсте России 05 июля 2021 г. № 64101 // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/ (дата обращения: 15.06.2026).

2. Паллотта В. И., Сичкарь Т. В., Алимова Н. К. Психолого-педагогические исследования проблемы снижения интереса и мотивации в учебно-познавательной деятельности // Мир науки. Педагогика и психология. 2025. Т. 13. № 6. URL: https://mir-nauki.com/104pdmn625.html (дата обращения: 15.06.2026).

3. Гулина Д. А., Достовалова Е. В. Развитие познавательной активности подростков средствами тьюторского со-

провождения // The Scientific Heritage. 2022. № 83–3 (83). С. 3–7. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47929807 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.24412/9215-0365-2022-83-3-3-7.

4. Аничкина С. С., Гусева Ю. А., Ковалева Е. Е. Тьюторское сопровождение учебно-познавательной деятельности младших школьников // Вестник науки. 2026. № 6 (99). Т. 2. С. 825–838. URL: https://www.вестник-науки.рф/article/31763 (дата обращения: 30.06.2026).

5. Косолапова Л. А., Трухина Е. В., Францкевич А. Р. Стимулирование познавательного интереса младших подростков посредством тьюторского действия с применением медиаресурсов // Вестник ПГГПУ. Серия № 1. Психологические и педагогические науки. 2019. № 2. С. 184–200. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44197067 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.24411/2308-7218-2019-10231.

6. Божович Л. И. Проблема развития мотивационной сферы ребенка // Изучение мотивации поведения детей и подростков / под ред. Л. И. Божович, Л. В. Благонадежиной. М.: «Педагогика», 1972. С. 7–44. URL: https://psychlib.ru/mgppu/imp/IMP-0071.htm (дата обращения: 10.06.2026).

7. Калина Н. Ф., Лазукин А. В. Вопросник САМОАЛ. Адаптация «Самоактуализационного теста» // Журнал практического психолога. 1998. № 1. С. 14–22. URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_INFOCOMM10_1000191059 (дата обращения: 08.06.2026).

8. Эльконин Д. Б., Венгер А. Л. Диагностика учебной деятельности и интеллектуального развития детей. М.: НИИОПП, 1981. 157 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001093177 (дата обращения: 08.06.2026).

9. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (ред. от 25 апреля 2026 г.): принят Государственной Думой 21 декабря 2012 г.: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012 г. // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 15.06.2026).

10. Терентьева К. В., Маметьева О. С. Профессионально-этические основы работы с детьми в школе в рамках внеурочной деятельности // Проблемы науки. 2017. № 1 (14). С. 93–94. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28103913 (дата обращения: 15.06.2026).

11. Яковлев Е. В., Яковлева Н. О. Модель как результат моделирования педагогического процесса // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2016. № 9. С 136–140. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27515524 (дата обращения: 12.06.2026).

12. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 30 января 2023 г. № 53Н «Об утверждении профессионального стандарта “Специалист в области воспитания”»: зарегистрировано в Минюсте России 3 марта 2023 г. № 72520 // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_441506/ (дата обращения: 15.06.2026).

13. Субетто А. И. Теория знания и системология образования. СПб.: Астерион, 2018. 142 с. [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35428684 (дата обращения: 15.06.2026). ISBN 978-5-00045-595-1.

14. Тюмасева З. И., Орехова И. Л., Артеменко Б. А. Тьюторское сопровождение сохранения и укрепления здоровья обучающихся // Московский педагогический журнал. 2024. № 2. С. 32–48. URL: https://www.mpjournal.ru/jour/article/view/1584 (дата обращения: 15.06.2026). DOI: 10.18384/2949-4974-2024-2-32-48.

15. Исаев И. Ф., Судакова С. С. Ценностно-смысловое взаимодействие как педагогическая категория // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77–2. С. 199–202. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsennostno-smyslovoe-vzaimodeystvie-kak-pedagogicheskaya-kategoriya-1 (дата обращения: 15.06.2026).

16. Никитина Е. А. Индивидуально-ценностная профессиональная картина будущего педагога как отражение его аксиогенеза // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2021. Т. 6. Вып. 6. С. 1071–1080. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47467872 (дата обращения: 16.06.2026). DOI: 10.30853/ped20210162.

17. Костенко М. А. Научные основания аксиологического подхода в профессиональном педагогическом образовании // Нижегородское образование. 2025. № 3. С. 6–16. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=85613140 (дата обращения: 16.06.2026).

18. Цепкова А. Н. Идеи личностно ориентированного образования в высшей школе // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13. № 2. С. 228–231. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/idei-lichnostno-orientirovannogo-obrazovaniya-v-vysshey-shkole (дата обращения: 08.06.2026). DOI: 10.55355/snv2024132312.

19. Якиманская И. С. Изучение личности ученика в образовательном процессе // Теоретическая и экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 1. С. 32–38. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-lichnosti-uchenika-v-obrazovatelnom-protsesse (дата обращения: 08.06.2026).

20. Туленкова Л. А. Личностно-ориентированный подход в формировании личностных универсальных учебных действий // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 5. Ч. 1. С. 15–19. URL: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=2129 (дата обращения: 08.06.2026).

21. Hyland W. E., Hoff K. A., Rounds J. Interest–Ability Profiles: An Integrative Approach to Knowledge Acquisition // Journal of Intelligence. 2022. Vol. 10. Is. 3. Art. 43. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9326565/ (дата обращения: 08.06.2026). DOI: 10.3390/jintelligence10030043.

22. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2002. 720 с. [Электронный ресурс]. URL: http://elibrary.bsu.edu.az/files/books_163/N_121.pdf (дата обращения: 09.06.2026). ISBN 5-314-00016-4.

23. Якунчев М. А., Гаврилюк О. Ю., Семенова Н. Г., Киселева А. И. К проблеме формирования познавательного интереса обучающихся при изучении биологии в школе // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. URL: https://science-education.ru/article/view?id=30581 (дата обращения: 08.06.2026). DOI: 10.17513/spno.30581.

24. Щукина Г. И. Проблема познавательного интереса в педагогике. М.: Педагогика, 1971. 351 с. [Электронный ресурс]. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01007039508 (дата обращения: 08.06.2026).

25. Шауфлер Д. М. Систематизация знаний в тьюторском сопровождении формирования познавательного интереса обучающихся при изучении биологии: анализ научной литературы // Развитие науки, образования, технологий в современных условиях: оценки, проблемы, пути решения. Петрозаводск: Новая наука, 2026. Гл. 8. С. 121–136. [Электронный ресурс]. URL: https://sciencen.org/assets/Kontent/Monografii-2/Arhiv-monografij/MON-159.pdf (дата обращения: 12.06.2026).

26. Неустроева О. В. Психологическая характеристика подросткового возраста в концепциях Д. Б. Эльконина и Д. И. Фельдштейна // European research. 2015. № 6 (7). С. 64–66. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23902081 (дата обращения: 10.06.2026).

27. Шауфлер Д. М., Лебедкин С. Л. Педагогические условия формирования познавательных интересов обучающихся при изучении биологии с использованием технологий тьюторского сопровождения // Московский педагогический журнал. 2026. № 2. Т. 1. С. 127–145. URL: https://www.mpjournal.ru/jour/issue/viewIssue/84/96 (дата обращения: 08.06.2026). DOI: 10.18384/2949-4974-2026-2-1-127-145.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.147
DOI

CC BY 4.0

# МОТИВАЦИОННЫЙ КРИТЕРИЙ УСПЕШНОСТИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН: ДИАГНОСТИКА И ДИНАМИКА

**Шимкович Е. Д. ORCID ID 0000-0003-1520-1078**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Российская Федерация, e-mail: eshimkovich@mail.ru*

В работе представлены теоретические основания и эмпирические результаты диагностики мотивационного критерия успешности университетского обучения иностранных граждан. Цель работы – обосновать структуру мотивационного критерия и апробировать комплекс диагностических методик, включающий авторский опросник учебной мотивации и методику мотивационного профиля Ричи – Мартина. Эмпирическая база исследования – подготовительный факультет для иностранных учащихся Казанского (Приволжского) федерального университета. В эксперименте, охватившем 2022–2025 учебные годы, приняли участие 1805 иностранных обучающихся, разделенных на экспериментальную и контрольную группы. В экспериментальной группе образовательный процесс строился на основе реализации авторской концепции успешности обучения иностранных граждан. Установлено, что доля студентов с высоким уровнем мотивации в экспериментальной группе возросла с 15,1 до 29,1 %, тогда как в контрольной группе прирост не превысил 3 п. п. Интегральная динамика в экспериментальной группе составила 36 % против 11 % в контрольной. Статистический анализ подтвердил значимость выявленных различий ($\chi^2$эмп. = 398,74; t = 9,23; $p \leq 0,01$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что целенаправленная педагогическая работа по формированию мотивации обеспечивает переход от внешней регуляции учебной деятельности к внутренней познавательной и профессиональной направленности.

**Ключевые слова: мотивационный критерий, иностранные студенты, учебная мотивация, профессиональная мотивация, диагностика, подготовительный факультет, мотивационный профиль**

# MOTIVATIONAL CRITERION FOR THE SUCCESS OF UNIVERSITY EDUCATION OF FOREIGN CITIZENS: DIAGNOSTICS AND DYNAMICS

**Shimkovich E. D. ORCID ID 0000-0003-1520-1078**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Kazan (Volga Region) Federal University", Kazan, Russian Federation, e-mail: eshimkovich@mail.ru*

The article presents the theoretical foundations and empirical results of diagnosing the motivational criterion of the success of university education of foreign citizens. The aim of the study is to substantiate the structure of the motivational criterion and to test a set of diagnostic tools, including the author's questionnaire of academic motivation and the Ritchie-Martin motivational profile method. The empirical base of the research is the Preparatory School for International Students of Kazan (Volga Region) Federal University. The experiment, covering the 2022–2025 academic years, involved 1805 international students divided into experimental and control groups. In the experimental group, the educational process was based on the implementation author's concept of successful education of foreign citizens. It was found that the proportion of students with a high level of motivation in the experimental group increased from 15.1 % to 29.1 %, while in the control group the increase did not exceed 3 percentage points. The integral dynamics in the experimental group was 36 % compared to 11 % in the control group. Statistical analysis confirmed the significance of the revealed differences ($\chi^2$emp. = 398.74; t = 9.23; $p \leq 0.01$). The results obtained indicate that targeted pedagogical work on the formation of motivation ensures a transition from external regulation of educational activity to internal cognitive and professional orientation.

**Keywords: motivational criterion, international students, academic motivation, professional motivation, diagnostics, preparatory faculty, motivational profile**

## Введение

Вопрос объективной диагностики мотивационной сферы иностранных студентов сегодня становится одним из ключевых в педагогической теории и практике. Причина – устойчивый рост числа иностранных граждан, выбирающих российские вузы [1]. Однако традиционные подходы к оценке успешности обучения, как правило, сводятся к фиксации академической успеваемости. Этого недостаточно, чтобы понять внутренние побуждения и ценностные ориентиры студентов, определяющие их реальную вовлеченность в образовательный процесс [2; 3].

Изучение мотивации иностранных студентов представляет собой сложную междисциплинарную задачу, находящую-

ся на стыке педагогической психологии, дидактики высшей школы и социокультурных исследований. В зарубежной науке накоплен обширный материал по анализу мотивационных механизмов с учетом культурных различий. Установлено, что культурная чувствительность и управление неопределенностью – важные предикторы формирования мотивационных профилей иностранных студентов [4]. Самоопределяемая мотивация, как показано в ряде работ, выступает связующим звеном между адаптацией и академической успешностью [5]; цели обучения за рубежом играют немаловажную роль для успешной адаптации [6]. Связь между саморегуляцией второго языка и академической адаптацией подтверждается в работах [3; 7]. В них же рассматриваются мотивационно-стратегические аспекты обучения. Все это говорит о том, что диагностика мотивации не может быть однофакторной – нужен учет и внутренних побуждений, и внешних обстоятельств.

Российские исследователи также обращались к этой теме. В работах [8; 9] акцент сделан на языковой подготовке и билингвальном обучении как факторах устойчивой мотивации. Но, как замечает Бо Ши [10], большинство методик разработано для российской аудитории. Перенос их на иностранных студентов без корректировки дает искаженные результаты.

Здесь и возникает противоречие: имеется практическая потребность в объективной диагностике мотивационной сферы иностранных студентов, а инструментов, адаптированных к поликультурной среде, пока недостаточно.

В структуре успешности университетского обучения иностранных граждан мотивационный критерий выполняет интегрирующую функцию, связывая академические усилия, адаптационные процессы и личностное развитие [11]. **Цель настоящей работы** – теоретическое обоснование и эмпирическая проверка диагностического инструментария, позволяющего оценивать мотивационный критерий успешности обучения иностранных граждан на подготовительном факультете.

## Материалы и методы исследования

Эмпирическое исследование проводилось в 2022–2025 учебных годах на подготовительном факультете для иностранных учащихся Казанского (Приволжского) федерального университета. Выбор базы исследования обусловлен тем, что подготовительный факультет КФУ является одним из крупнейших центров довузовской подготовки иностранных граждан в Российской Федерации. Ежегодно здесь проходят обучение представители более чем 40 стран мира, что создает уникальную поликультурную среду для проведения экспериментальной работы [1]. Общая численность участников – 1805 чел., разделенных на экспериментальную (ЭГ, n = 900) и контрольную (КГ, n = 905) группы. Формирование групп осуществлялось с учетом сопоставимости по исходному уровню владения русским языком, возрасту, образовательному опыту и странам происхождения. Возраст обучающихся варьировался от 18 до 34 лет (средний возраст – 20,8 года). В выборке преобладали мужчины (64,6 %), женщины составили 35,4 %. Все респонденты – представители стран дальнего зарубежья (преимущественно КНР, Иран, Турция, Эквадор, страны Африки).

В экспериментальной группе образовательный процесс выстраивался в соответствии с авторской концепцией успешности университетского обучения иностранных граждан [11]. Данная концепция предполагает создание коммуникативно-насыщенной образовательной среды, активное использование интерактивных методов обучения, индивидуализацию образовательных траекторий, системную работу по формированию внутренней мотивации и профессиональной направленности [12]. В контрольной группе обучение велось по традиционной программе, принятой на подготовительном факультете.

Диагностический комплекс включал две методики. Первый инструмент – авторский опросник для оценки учебной мотивации иностранных студентов. Он разработан с учетом специфики поликультурной среды: простые формулировки, отсутствие культурных отсылок, удобная шкала. Выбор формата опросника обусловлен тем, что стандартизированные шкалы, часто используемые в российской педагогической практике, при работе с иностранными студентами дают искажения из-за языковых и культурных барьеров. Опросник включает 10 пунктов, каждый оценивается от 1 («не соответствует») до 10 («полностью соответствует»). Вопросы касаются интереса к русскому языку и профильным предметам, понимания связи учебы с профессией, готовности работать самостоятельно, стремления к развитию, удовлетворенности процессом обучения. Сумма баллов дает три уровня: низкий (10–39), средний (40–70), высокий (71–100). Опросник адаптирован: сделан прямой и обратный перевод на английский и китайский, проведена экспертиза на культурную эквивалентность и пилотное тестирование на 50 студентах.

Это помогло откорректировать формулировки и убедиться, что инструкции понятны при разном уровне русского языка.

Вторая методика – опросник на основе профиля Ричи – Мартина (RMI), который охватывает 12 типов мотивации [13, с. 15–26]. Он выбран из-за многомерности: важно видеть не общий уровень, а индивидуальную структуру предпочтений, особенно в смешанной культурной среде. Для оценки профессиональной мотивации, как наиболее значимые для профессионального самоопределения, выбраны три ключевые шкалы: «самосовершенствование», «достижения», «признание». Уровни (высокий, средний, низкий) определялись через среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (σ).

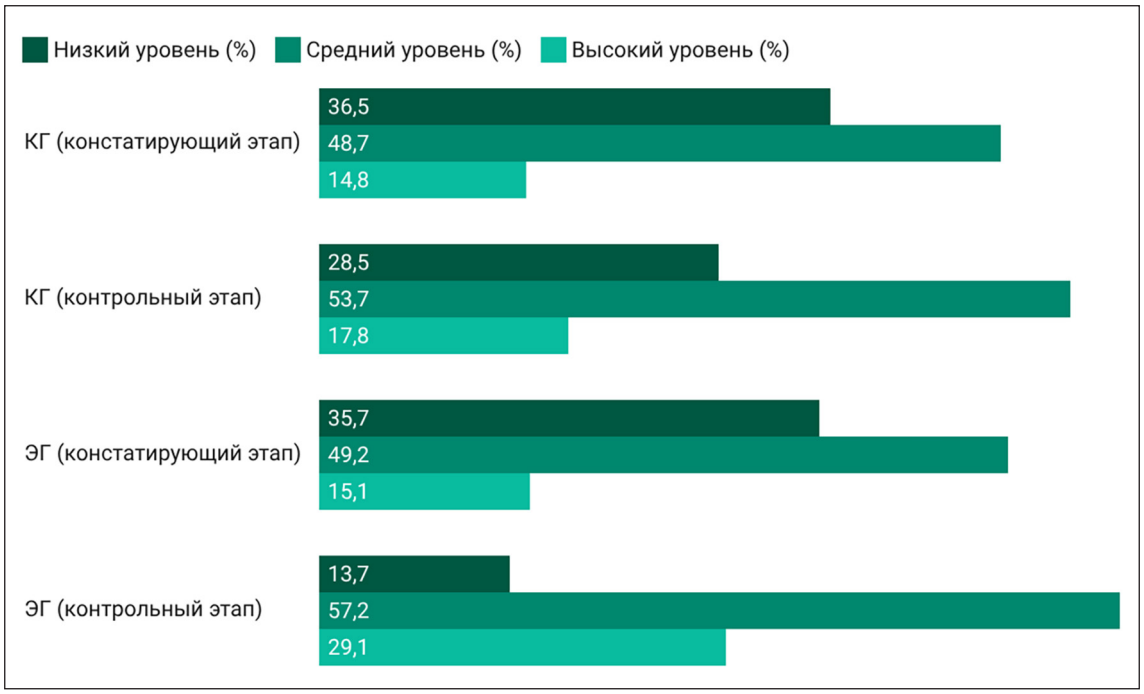
Исследование включало два диагностических среза. Констатирующий срез проводился в начале первого семестра обучения для получения исходных данных, а контрольный – в конце учебного года; между ними велась систематическая работа по реализации авторской концепции. Ежегодное повторение диагностики на протяжении всего периода эксперимента (2022–2025 учебные годы) позволило отслеживать динамику мотивационных показателей и фиксировать изменения на каждом этапе обучения. Все замеры выполнялись в стандартных условиях – в учебной аудитории, в присутствии преподавателя-куратора, с использованием бумажных бланков, а при необходимости студентам предоставлялись переводы инструкций на их родной язык.

Для статистической обработки данных применялись критерий $\chi^2$ Пирсона – при анализе распределений – и t-критерий Стьюдента – при сравнении средних значений; все расчеты выполнены в пакете SPSS Statistics (версия 26.0) при критическом уровне значимости $p \leq 0{,}01$. Надежность диагностических методик оценивалась по коэффициенту внутренней согласованности α-Кронбаха.

По каждому показателю мотивации – учебной и профессиональной – в обеих группах ежегодно рассчитывались средние арифметические значения по трем уровням (низкий, средний, высокий), а на заключительном этапе обработки годовые показатели усреднялись за весь период эксперимента (2022–2025 учебные годы). Такое усреднение нивелировало влияние случайных колебаний и дало обобщенную картину динамики мотивационного критерия.

## Результаты исследования и их обсуждение

По средним значениям учебной и профессиональной мотивации за три учебных года на констатирующем этапе эксперимента в обеих группах прослеживается схожая тенденция (рисунок).




*Динамика уровней мотивационного критерия успешности обучения иностранных граждан (в %): ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа*
*Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Низкий уровень мотивации выявлен у 35,7 % студентов ЭГ и 36,5 % КГ – эти студенты занимались нерегулярно, часто пропускали занятия и редко выполняли задания в полном объеме. У 49,2 % в ЭГ и 48,7 % в КГ зафиксирован средний уровень: их активность определялась преимущественно внешними стимулами и зависела от оценок, требований преподавателей, влияния родителей. Высокий уровень наблюдался у 15,1 % обучающихся ЭГ и 14,8 % КГ, для которых характерны устойчивый интерес к обучению, активная работа на занятиях и потребность в дополнительных заданиях. Различие между группами на начальном этапе статистически незначимо (t-критерий, $p > 0,05$), что и позволило в дальнейшем сравнивать динамику.

К контрольному этапу эксперимента (также по данным, усредненным за три учебных года) различия между группами приобрели устойчивый и значимый характер. Доля студентов с низким уровнем мотивации в ЭГ сократилась в 2,6 раза – с 35,7 до 13,7 %, тогда как в КГ снижение оказалось менее выраженным и показатель остался высоким – 28,5 %. Средний уровень поднялся до 57,2 % в ЭГ против 53,7 % в КГ, а высокий вырос почти вдвое в экспериментальной группе (с 15,1 до 29,1 %) при небольшом приросте в контрольной – с 14,8 до 17,8 %.

Наиболее заметный прирост зафиксирован по показателю профессиональной мотивации: средний балл по ней вырос на 42 % в ЭГ и лишь на 8 % в КГ, а это означает, что студенты экспериментальной группы стали воспринимать учебную деятельность не как изолированный процесс, а как этап профессионального становления.

Дополнительно рассчитан показатель эффекта Коэна (d): 0,82 для учебной мотивации и 0,76 для профессиональной, что соответствует большому и близкому к большому размеру эффекта соответственно, а значит, выявленные различия между группами значимы не только статистически, но и практически.

Статистический анализ подтвердил значимость изменений. Для мотивации к учебной деятельности $\chi^2$эмп. = 398,74; для мотивации к профессиональной деятельности $\chi^2$эмп. = 147,25 (при критическом значении 122,942 для $p \leq 0,01$). Сравнение средних по t-критерию Стьюдента выявило наиболее выраженные межгрупповые различия именно по мотивационному критерию: по учебной мотивации $t = 9,23$ ($p < 0,001$), по профессиональной – $t = 8,76$ ($p < 0,001$). Интегральная динамика в ЭГ достигла 36 %, в КГ – 11 %. Динамика мотивационного критерия оказалась самой высокой по сравнению с другими критериями успешности. Это позволяет говорить об особой чувствительности мотивационной сферы к педагогическим условиям, созданным в рамках концепции.

Разница в динамике между группами (36 % ЭГ против 11 % КГ) показывает, что системная работа по реализации авторской концепции действительно влияет на мотивацию. Это перекликается с теорией самоопределения Райана и Деси [14] – среда, поддерживающая автономию, компетентность и связанность, способствует переходу внешней мотивации во внутреннюю. К похожим выводам приходят авторы [15]: у иностранных студентов мотивация устроена иначе – ее внешние и внутренние компоненты тесно связаны с адаптацией.

Двукратное увеличение доли студентов ЭГ с высоким уровнем мотивации свидетельствует о том, что значительная часть обучающихся перешла от внешней регуляции к внутренней. Они не просто привыкают к новым условиям – они начинают видеть в учебе личный смысл, связывать ее с профессией. Полученный результат согласуется с данными [3], согласно которым развитие саморегуляции помогает студентам осмысленнее выстраивать учебу в новой культурной среде. К близкому выводу приходит Е. А. Кривченко [16], подчеркивая тесную связь мотивации иностранных студентов с адаптацией: снижение мотивации на первых курсах чаще всего вызвано не языковыми трудностями как таковыми, а комплексом психологических и социокультурных барьеров.

Профессиональная мотивация оказалась более чувствительной к педагогическому воздействию, чем учебная: рост в экспериментальной группе почти в пять раз превысил аналогичный показатель в контрольной (42 % против 8 %). Такое соотношение объясняется тем, что авторская концепция делает акцент не на абстрактных призывах к учебе, а на практической связи между изучаемыми дисциплинами и будущей профессией. Студенты начинают видеть, как русский язык и профильные предметы работают на их карьерные цели. Именно это, по-видимому, запускает механизм внутренней мотивации – обучение перестает быть формальностью и становится инструментом достижения личных целей.

Положительная динамика в ЭГ фиксировалась каждый год. При этом наибольший рост доли студентов с высоким уровнем мотивации был у тех, кто к концу года уже прошел адаптацию и освоил базовый русский язык и предметы. Это говорит о том,

что эффект концепции воспроизводится не зависит от состава группы в конкретном учебном году. Статистика подтверждает: изменения в мотивационной сфере связаны с внедрением концепции, а не со случайными обстоятельствами.

## Выводы

По итогам исследования можно сделать несколько выводов.

1. Мотивационный критерий – важный элемент в структуре успешности университетского обучения иностранных граждан, объединяющий академические, адаптационные и личностные аспекты. В его составе выделены два взаимосвязанных показателя: мотивация к учебной деятельности (интерес к изучению предметов, готовность работать систематически, удовлетворенность процессом обучения) и мотивация к профессиональной деятельности (понимание связи учебы с будущей профессией, ценностное отношение к профессиональному становлению). Оба показателя требуют комплексной диагностики.

2. Диагностический комплекс (авторский опросник и методика Ричи – Мартина) показал свою надежность и валидность в поликультурной среде подготовительного факультета. Об этом свидетельствует коэффициент α-Кронбаха: 0,82 для авторского опросника и 0,79 для методики Ричи – Мартина.

3. За 3 года в ЭГ доля студентов с высоким уровнем мотивации устойчиво увеличивалась – с 15,1 до 29,1 %, тогда как в КГ рост оказался незначительным (с 14,8 до 17,8 %), а интегральная динамика в ЭГ (36 %) существенно превысила аналогичный показатель в КГ (11 %). Наибольший прирост дала профессиональная мотивация: студенты экспериментальной группы стали гораздо яснее представлять, зачем они учатся и как это связано с их будущей карьерой, что подтверждается статистическими данными – значения t-критерия (9,23 и 8,76) и $\chi^2$ (398,74 и 147,25) указывают на высокую достоверность различий ($p \leq 0{,}01$), а значения эффекта Коэна – на их практическую значимость.

4. Реализация авторской концепции меняет характер учебной деятельности, которая утрачивает черты внешне навязанной и приобретает черты личностно принимаемой, профессионально ориентированной, а у студентов формируется устойчивая мотивационная структура – она проявляется в осознанном целеполагании, настойчивости в достижении образовательных результатов и сформированном образе профессионального будущего.

5. Эксперимент показал и другое: диагностика мотивации не должна ограничиваться констатацией текущего уровня – нужны отслеживание динамики, фиксация переходных состояний и своевременная коррекция педагогической тактики. Устойчивый положительный эффект в поликультурной образовательной среде обеспечивает именно сочетание диагностических процедур с системной работой по формированию мотивации.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение корреляционных связей мотивационного критерия с другими составляющими успешности университетского обучения – когнитивной, операциональной, адаптационной и рефлексивной, что позволит построить целостную модель диагностики и формирования успешности обучения иностранных граждан. Отдельного внимания заслуживает разработка адресных программ психолого-педагогической поддержки для иностранных студентов с разным уровнем мотивации – опираясь не только на стартовые показатели, но и на динамику их изменения, чтобы вовремя подстраивать педагогическую тактику под каждого студента.

## Список литературы

1. Шимкович Е. Д. Формирование успешности университетского обучения иностранных граждан в современных социально-экономических условиях: организационно-педагогические механизмы // Современные наукоемкие технологии. 2026. № 6. С. 319–325. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40853 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.17513/snt.40853.

2. Yi Q., Zhang J. From language attitude to sociocultural adaptation among international students: the mediation of ethnic identification // Journal of Multilingual and Multicultural Development. 2026. Vol. 47. Is. 5. P. 3330–3347. DOI: 10.1080/01434632.2025.2516811.

3. Wang J., Henry A., Liu M., Thomas N. The adjustment processes of international students at a UK university: an exploration using the L2 self-regulatory system // Journal of Multilingual and Multicultural Development. 2025. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01434632.2025.2570842 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.1080/01434632.2025.2570842.

4. Kim J., Kim H.-R. Values, intercultural sensitivity, and uncertainty management: a cross-cultural investigation of motivational profiles // Frontiers in Psychology. 2025. Vol. 16. URL: https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2025.1623929/full (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1623929.

5. He B., An R., Qu J. Self-determined motivation and academic adaptation within an intra-cultural context: The mediating role of acculturation outcomes // International Journal of Intercultural Relations. 2025. Vol. 108. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014717672500121X (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.1016/j.ijintrel.2025.102258.

6. Chirkov V., Vansteenkiste M., Tao R., Lynch M. The role of self-determined motivation and goals for study abroad in the adaptation of international students // International Journal of Intercultural Relations. 2007. Vol. 31. Is. 2. P. 199–222. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147176706000241 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.1016/j.ijintrel.2006.03.002.

7. Cho H. J., Levesque-Bristol C., Yough M. International students' self-determined motivation, beliefs about classroom assessment, learning strategies, and academic adjustment in higher education // Higher Education. 2021. Vol. 81. P. 1215–1235. URL: https://www.jstor.org/stable/48736552 (дата обращения: 29.07.2026). DOI: 10.1007/s10734-020-00608-0.

8. Сергеева О. А., Чубарова О. Э. Условия реализации мотивирующей функции контроля при изучении русского языка как иностранного в вузе // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2025. Т. 10. Вып. 2. С. 146–152. URL: https://pedagogy-journal.ru/article/ped20250019/fulltext (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.30853/ped20250019.

9. Смирнова З. М. Билингвальное обучение иностранных студентов. Преподавание физики и математики иностранным студентам в медицинских вузах // Методология и технология непрерывного профессионального образования. 2024. № 1 (17). С. 76–85. URL: https://mtcpe.rsmu.press/archive/2024/1/11/content?lang=ru (дата обращения: 30.07.2026). DOI: 10.24075/MTCPE.2024.09.

10. Ши Б. Методы повышения учебной мотивации иностранных студентов в российской высшей школе // Мировая наука. 2025. № 6 (99). С. 248–254. URL: https://rus.science-j.com/_files/ugd/b06fdc_28ee60a5b40547a7abaac02ef3d9a34a.pdf?index=true (дата обращения: 30.07.2026). EDN: TUECQG.

11. Шимкович Е. Д., Гильманшина С. И. Концепция успешности университетского обучения иностранных граждан в условиях подготовительного факультета университета // Вестник Томского государственного университета. 2025. № 515. С. 195–205. URL: https://journals.tsu.ru/vestnik/&journal_page=archive&id=2618&article_id=54227 (дата обращения: 10.08.2026). DOI: 10.17223/15617793/515/23.

12. Шимкович Е. Д. Организация процесса формирования успешности университетского обучения иностранных граждан в условиях подготовительного факультета // Современные наукоемкие технологии. 2026. № 7. С. 316–321. URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40891 (дата обращения: 12.08.2026). DOI: 10.17513/snt.40891.

13. Ричи Ш., Мартин П. Управление мотивацией. М.: Юнити-Дана, 2004. 399 с. ISBN 5-238-00599-7.

14. Ryan R. M., Deci E. L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being // American Psychologist. 2000. Vol. 55. Is. 1. P. 68–78. URL: https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf (дата обращения: 11.08.2026). DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.68.

15. Сафукова Н. Н., Николаева И. А., Стрюкова Г. А. Особенности мотивации учения иностранных студентов // Человеческий капитал. 2019. № 10 (130). С. 133–140. URL: https://humancapital.su/wp-content/uploads/2019/10/201910_p133-140.pdf (дата обращения: 10.08.2026). DOI: 10.25629/HC.2019.10.16.

16. Кривченко Е. А. Учебная мотивация и адаптация иностранных студентов, поступивших в российский вуз // Вестник науки. 2022. Т. 1. № 5 (50). С. 34–39. URL: https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/archiv/journal-5-50-1.pdf#page=34 (дата обращения: 11.08.2026). EDN: XVYWAR.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.016:006.91
DOI

CC BY 4.0

# МЕТРОЛОГИЯ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ: ОТ ТЕОРИИ ТОЧНОСТИ К ТОЧНОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

**Шнейдер Е. М. ORCID ID 0000-0002-5124-4289**

*Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Российская Федерация, e-mail: elwil@yandex.ru*

В современных условиях быстро развивающегося технологического прогресса и цифровой трансформации на ведущие позиции выходит метрология, деятельность которой распространяется далеко за пределы контроля качества продукции производства. В настоящее время данная дисциплина в вузе становится основной не только в области технических знаний, но и формирует новое поколение квалифицированных специалистов. Цель данной статьи – обоснование теоретических предпосылок создания метрологического кластера, как модели сквозного профессионального образования для подготовки специалистов-метрологов. Методологической базой исследования являются теоретические и эмпирические методы, применяемые в педагогических исследованиях. Классическое образование в области метрологии акцентирует внимание на поверке средств измерений, но уступает место современному подходу к образовательному процессу, в котором метрология воспринимается как сквозная компетенция, охватывающая все стадии от проектирования и разработки продукции до управления качеством на всех стадиях жизненного цикла изделий. Проведенный автором анализ позволяет сделать вывод о том, что метрология занимает двойственное, но чрезвычайно важное место в современной образовательной системе. В данной статье автор рассматривает эволюцию образовательных парадигм в сфере метрологии, проанализировав разрыв между академической теорией и реальными запросами промышленности, а также предлагает пути модернизации учебных программ, направленных на формирование у студентов целостного измерительного мировоззрения, необходимого для обеспечения технологического суверенитета страны.

**Ключевые слова: метрология, педагогические измерения, квалиметрия, компетентностный подход, профессиональные стандарты, образовательные технологии, подготовка кадров**

# METROLOGY IN A MODERN UNIVERSITY: FROM THE THEORY OF ACCURACY TO THE ACCURACY OF PERSONNEL TRAINING

**Schneider E. M. ORCID ID 0000-0002-5124-4289**

*State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute", Nevinnomysk, Russian Federation, e-mail: elwil@yandex.ru*

In modern conditions of rapidly developing technological progress and digital transformation, metrology comes to the leading positions, the activities of which extend far beyond the control of the quality of production products. Currently, this discipline at the university is becoming the main one not only in the field of technical knowledge, but also forms a new generation of qualified specialists. The purpose of this article is to substantiate the theoretical prerequisites for the creation of a metrological cluster as a model of end-to-end professional education for the training of metrological specialists. The methodological basis of the study is theoretical and empirical methods used in pedagogical research. Classical education in the field of metrology focuses on verification of measuring instruments, but gives way to a modern approach to the educational process, in which metrology is perceived as an end-to-end competence that covers all stages from product design and development to quality management at all stages of the product life cycle. The analysis carried out by the author allows us to conclude that metrology occupies a dual, but extremely important place in the modern educational system. In this article, the author examines the evolution of educational paradigms in the field of metrology, analyzing the gap between academic theory and the real needs of industry, and will also propose ways to modernize curricula aimed at forming a holistic measuring worldview among students necessary to ensure the technological sovereignty of the country.

**Keywords: metrology, pedagogical measurements, qualimetry, competence-based approach, professional standards, educational technologies, and personnel training**

## Введение

Актуальность темы исследования определяется двумя взаимосвязанными обстоятельствами. С одной стороны, в самой педагогике давно назрела необходимость перехода от интуитивных оценок качества обучения к формализованным, научно обоснованным измерительным процедурам. С другой стороны, реальный сектор экономики испытывает острую потребность в квалифицированных специалистах-метрологах, способных научить обеспечению единства и точности измерений на производстве. Как отмечают эксперты, спрос на квалифицированных метрологов в России вырос, а подготовка кадров сталкивается с рядом проблем: снижение престижа инженерных профессий среди молодежи

и недостаток практико-ориентированных образовательных программ.

**Цель работы** – обоснование теоретических предпосылок создания метрологического кластера как модели сквозного профессионального образования для подготовки специалистов-метрологов.

## Материалы и методы исследования

Для решения поставленной задачи необходимо использовать комплекс методов, сочетающих педагогические и инженерные подходы. Это обусловлено двойственной природой объекта исследования – метрология выступает и как инструмент педагогической диагностики, и как инженерная дисциплина.

Основные методы исследования:

• теоретические – анализ научной литературы и нормативно-технических документов (требования федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), правила Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», учебные планы разных уровней обучения), моделирование – разработка концептуальной модели метрологического кластера как системы сквозного образования (связь между дисциплинами, практиками на различных уровнях образования);

• эмпирические – наблюдение и построение модели (оценка мотивационно-ценностного компонента будущих специалистов, их интерес к предмету и готовность к профессиональной метрологической деятельности, критический анализ).

## Результаты исследования и их обсуждение

Идея применения количественных методов в педагогике не нова. Однако систематическое развитие метрологии как научного направления началось лишь во второй половине XX века. Ведущие отечественные исследователи в этой области определяют науку метрологию как основное методическое руководство для исследователей сути методики педагогических исследований.

Суть метрологического подхода в образовании заключается в переходе от качественных, описательных оценок («хорошо», «плохо», «удовлетворительно») к количественным измерениям. Это предполагает:

1) построение измерительных шкал (номинативных, порядковых, интервальных, шкал отношений);

2) разработку валидных и надежных измерительных инструментов (тестов, опросников, заданий);

3) применение методов математической статистики для обработки результатов.

В структуре современного педагогического исследования измерение занимает ключевое место. Как указывается в учебных программах педагогических вузов, тема «Измерения в педагогике» включает в себя знакомство с измерительными шкалами (наименований, порядка, интервалов, отношений) и основными законами распределения вероятностей. Эта проблематика особенно актуальна в контексте таких масштабных проектов, как Единый государственный экзамен (ЕГЭ).

Исследователи данной проблемы Ганичева А. В., Ганичев А. В. подчеркивают, что «для разработки психологических портретов обучаемых в настоящее время используют два метода: тестирование и анкетирование» [1, с. 26-28].

Однако многие исследователи констатируют серьезную проблему: регламент тестирования постоянно нарушается, а результаты интерпретируются неверно, что требует привития обществу статистического сознания [2].

Развитием идей педагогической метрологии выступает квалиметрия – научная область, занимающаяся методами количественной оценки качества. В современной образовательной практике квалиметрический подход реализуется через разработку фондов оценочных средств, рейтинговых систем, стандартизированных тестов.

Примером апробации квалиметрических материалов может служить исследование Ешимбетовой Г. С., Байташевой Г. У., Есентуреевой Г. Д., посвященное «разработке и апробации квалиметрических учебных материалов для измерения эффективности учебно-полевой практики». Авторы данной статьи демонстрируют, как формализованные процедуры измерения могут быть адаптированы даже к таким специфическим формам образовательной деятельности, как полевая практика, где традиционно преобладают качественные и описательные методы оценки [3].

Особое место в современном метрологическом образовании занимает Федеральный информационный фонд (ФГИС) «Аршин», который представляет собой уникальный инструмент повышения качества преподавания метрологии [4]. Одним из главных правил ФГИС «Аршин», повышающих эффективность деятельности в области качества, является государственный контроль и надзор проверки содержания и достоверности информации. Немалую роль играет интеграция фонда с рядом российских и зарубежных информационных систем, которые предоставляют открытый доступ к большей ча-

сти имеющейся информации, актуальной на день обращения.

Анализируя состояние современного профессионального образования, можно выделить несколько системных проблем, которые препятствуют качественной подготовке высококвалифицированных специалистов [5].

К основным причинам, влияющим на результативность образовательного процесса, можно отнести:

• снижение познавательной активности студентов, спровоцированное слабой привязкой материала к прикладным задачам и нехваткой современной приборной базы;

• обеднение дидактического ландшафта из-за отсутствия живых иллюстраций и вовлекающих цифровых решений, что ведёт к искажённому восприятию предмета;

• опора на рутинные печатные источники и педагогические шаблоны, которые, несмотря на легитимность, не успевают за эволюцией компетенций, востребованных в индустрии.

Ситуация усугубляется снижением престижа инженерных профессий среди молодежи и недостатком практико-ориентированных образовательных программ [6]. Переход системы высшего образования от двухуровневой к специалитету в рамках импортозамещения требует модернизации образовательного процесса с акцентом на усиление практической подготовки студентов. Все образовательные стандарты в обязательном порядке должны отвечать современным требованиям, предъявляемым определенным сегментом рынка труда. Ведущие технические университеты и институты активно внедряют в программу обучения инновационные методы преподавания метрологии.

Наиболее результативными формами учебного процесса являются:

• интерактивные или двухсторонние лекции, показывающие высокую эффективность вовлеченности студентов, а также их мотивацию в изучении материала. Разнообразить процесс обучения помогают мультимедийные презентации, разнообразные видеоролики и тестовые задания. Многие студенты отмечают, что самостоятельное тестирование своих знаний и участие в групповых обсуждениях способствует процессу понимания и запоминания учебного материала;

• выполнение лабораторных работ с использованием компьютерных технологий, позволяющих отрабатывать на практике полученные теоретические знания, а также проведение различных видов измерений с нахождением погрешностей в безопасных условиях;

• использование проектно-ориентированного обучения, показывающего высокую результативность в развитии комплекса профессиональных компетенций, включающего в себя командную работу, навыки проектирования, основы критического мышления. При использовании проектной работы часто используются сквозные или межпредметные технологии, что помогает студентам в процессе обучения опираться на так называемые остаточные знания [7].

Современная дидактика метрологии характеризуется широким внедрением активных методов обучения. К ним относятся:

• проблемные лекции, допускающие возникновение дискуссий;

• научно-теоретические сообщения студентов по актуальным вопросам;

• решение практических задач;

• ролевые игры, демонстрирующие уровень профессиональной подготовки;

• разработка документов метрологической деятельности предприятий;

• тестирование.

Цифровые технологии открывают новые возможности. Как отмечают в журнале «Экономика, предпринимательство и право» авторы Лоханова В. Н., Антонов С. А., «современные цифровые технологии содействуют мотивации студентов, возможности самореализации и, как следствие, повышению качества образования» [8].

Глобальный тренд в подготовке метрологов – переход на компетентностную модель. Сегодня образовательные стандарты проходят глубокую реформацию, подчиняясь динамике рынка труда. На смену устаревшим нормативам приходят государственные стандарты следующего поколения, где приоритетом выступает компетентностный подход.

Внедряются федеральные стандарты нового образца, базирующиеся на компетентностной модели, которая делает акцент не на сумме знаний, а на практической адаптивности выпускников к вызовам реальности [9].

Дальнейшее поступательное развитие метрологического образования сопряжено с выполнением ряда ключевых условий.

Во-первых, прогресс в таких областях, как стандартизация, сертификация и управление качеством, неразрывно связан с кадровым потенциалом – необходимы профессионалы высокого уровня.

Во-вторых, специфика измерений в каждой производственной отрасли диктует свои требования к оборудованию, что открывает перед метрологами широкий спектр профессиональных ниш.

В-третьих, обновление образовательных парадигм идёт параллельно с адаптацией к конъюнктуре рынка, что вынуждает пересматривать содержание подготовки [10].

Принципиально важно, чтобы образовательные программы в современных условиях основывались на требованиях профессиональных стандартов. Цифровизация экономики предъявляет новые требования к метрологам, особенно в высокотехнологичных отраслях.

Виртуальные лабораторные работы, симуляторы измерительных процедур, онлайн-доступ к государственным эталонам и поверочным схемам – всё это становится неотъемлемой частью подготовки специалистов-метрологов. Однако, как справедливо замечают исследователи, цифровизация имеет и обратную сторону: требует регулярного обновления контента и имеет высокую стоимость [11].

Устойчивое развитие профессионального образования невозможно без тесной интеграции трех составляющих:

• академической подготовки будущих специалистов-метрологов;

• научных исследований в области метрологии;

• реального сектора экономики.

Формы такой интеграции разнообразны: создание базовых кафедр на предприятиях, технические комитеты по стандартизации при вузах, совместные научно-образовательные центры, вовлечение студентов в реальные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по метрологической тематике [12].

Современное профессиональное образование требует внедрения модели непрерывного (бесшовного) обучения, охватывающего все уровни – от школы до профессиональной переподготовки [13].

Наиболее перспективные практики в этом направлении демонстрируют вузы, активно взаимодействующие с региональными центрами стандартизации и метрологии (ЦСМ) и промышленными предприятиями. К этому можно отнести:

• работу со школьниками, которая является важнейшим элементом системы подготовки кадров. Специализированные программы позволяют формировать интерес к метрологии еще со школьной скамьи. Мастер-классы с привлечением специалистов ЦСМ;

• подготовку в вузах, которая претерпевает существенные изменения. Появляются новые образовательные программы, такие как «Цифровая метрология и стандартизация», которые готовят специалистов, способных обеспечивать точность, качество и надежность продукции и процессов в цифровую эпоху;

• программы дополнительной профессиональной подготовки и курсы повышения квалификации. В системе дополнительного образования вводятся курсы, разработанные на основе профессионального стандарта «Специалист по метрологии», утвержденного Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ за № 229н от 21.04.2022 г.

В настоящее время рынок труда РФ испытывает кадровый дефицит специалистов-метрологов. По данным статистики вакансий и спроса на рынке труда, в 2026 году российские работодатели подали 7 тысяч вакансий для специалистов в области метрологии, что на 5% больше, чем в 2025 г.

В настоящее время с начала 2026 года было открыто порядка 1300 вакансий, что на 70% больше, чем годом ранее [14]. По данным ФГУП «ВНИИФТРИ», ежегодно по метрологическим специальностям обучается в 4-5 раз меньше специалистов, чем требуется экономике России в настоящее время [15].

Для решения этих глобальных проблем Росстат РФ в 2022 году запустил проект по названием «Метрологический кластер».

В ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт» (НГГТИ) освоение дисциплины строится на междисциплинарной основе.

Учебно-методические пособия Е. М. Шнейдер, выдержавшие несколько переизданий, предназначены для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология, стандартизация, сертификация и контроль качества» и содержат описание порядка выполнения работ и заданий [16].

Образовательная система ГАОУ ВО «НГГТИ» состоит из трех ступеней образования: среднее профессиональное (СПО), высшее (ВО), дополнительное (ДПО).

В рамках проведения исследования были проанализированы учебные планы различных уровней образования: направление обучения СПО – «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», направление обучения ВО – «Промышленное и гражданское строительство», направление обучения ДПО – «Метрология и контроль измерений».

При детальном и критическом анализе учебных планов трех уровней образования автор определил модель работы «пирамиды знаний» специалиста-метролога, показанную на рисунке.

*«Пирамида знаний» специалиста-метролога: 1) система СПО – 1-й уровень подготовки (базовый); 2) система ВО – 2-й уровень подготовки (базовый и специальный); 3) система ДПО – 3-й уровень подготовки (адаптирование знаний СПО и ВО под сегодняшнее оборудование и знание ГОСТов)*

Главная проблема такой системы образования – отсутствие координации между уровнями.

Именно для этого необходимо создание метрологического кластера, цель которого – выработка действенной модели сквозного профессионального образования на примере подготовки специалистов-метрологов.

Такие кластеры должны объединить усилия образовательных учреждений разных уровней (СПО, ВО, ДПО), что позволит создать эффективную систему подготовки кадров, отвечающую реальным потребностям экономики.

В рамках работы метрологических кластеров должны решаться следующие задачи:

• повышение престижа профессии метролога через интеграцию образования, науки и производства;

• формирование практико-ориентированных образовательных программ с участием работодателей;

• развитие материально-технической базы вузов для проведения современных лабораторных работ;

• организация стажировок и практик студентов на предприятиях отрасли.

## Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что метрология занимает двойственное, но чрезвычайно важное место в современной образовательной системе. Как методология педагогических измерений она предоставляет инструментарий для объективной оценки качества обучения, перехода от интуитивных суждений к научно обоснованным количественным оценкам. Как учебная дисциплина и область профессиональной подготовки метрология является неотъемлемым элементом инженерного образования, обеспечивающим технологический суверенитет и конкурентоспособность отечественной промышленности.

Перспективы развития метрологического образования:

1) цифровизация образовательного процесса, включающая использование государственных информационных систем (таких, как ФГИС «Аршин»), компьютерных симуляторов и интерактивных методов обучения;

2) практико-ориентированный подход, основанный на тесном взаимодействии вузов с промышленными предприятиями и региональными ЦСМ, а также соответствии образовательных программ требованиям профессиональных стандартов;

3) создание системы непрерывной подготовки кадров, охватывающей все уровни – от школьного образования до профессиональной переподготовки и магистратуры;

4) развитие образовательных метрологических кластеров, объединяющих усилия

государства, образования и промышленности для решения кадровых задач.

Реализация направлений может способствовать снижению кадрового дефицита при наличии специалистов нового поколения, способных работать с современными цифровыми средствами измерений, разрабатывать инновационные методики и внедрять передовые стандарты качества.

## Список литературы


1. Ганичева А. В., Ганичев А. В. Математическое моделирование психолого-педагогических ситуаций в учебном процессе: монография. Тверь: ТвГТУ, 2023. 164 с. ISBN: 978-5-7995-1275-0.

2. Самылкина Н. Н. Современные средства оценивания результатов обучения. 5-е изд., электрон. Москва: Лаборатория знаний, 2025. 175 с. ISBN: 978-5-93208-844-9. URL: https://rucont.ru/efd/443389 (дата обращения: 11.09.2026).

3. Ешимбетова Г. С., Байташева Г., Есентуреева Г. Д. Разработка и апробация квалиметрических учебных материалов для измерения эффективности учебно-полевой практики // Scientific Journal of Pedagogy and Economics. 2025. № 6(418). С. 196–213. DOI: 10.32014/2025.2518-1467.1066.

4. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: ФГИС «Аршин» / Росстандарт. URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/ (дата обращения: 11.09.2026).

5. Каторжин И. С., Нагорный Г. Ф. О повышении качества подготовки специалистов-метрологов // Компетентность. 2025. № 5. С. 3–7. DOI: 10.24412/1993-8780-2025-5-03-07.

6. Левин С. Ф. Измерительные задачи оценивания соответствия в инфраструктуре качества // Измерительная техника. 2025. Т. 74. № 1. С. 63–76. DOI: 10.32446/0368-1025it.2025-1-63-76.

7. Игнаткович А. С. Задача амбициозная, но достижимая… О метрологическом образовательном кластере Росстандарта // Мир измерений. 2022. № 2. С. 16–20.

8. Лоханова В. Н., Антонов С. А. Роль стандартизации в нормировании образовательного процесса высшей школы // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 4. С. 1235–1252. DOI: 10.18334/epp.13.4.117484.

9. Ключникова Ю. А., Максимова В. А., Плотникова И. В. Формирование структурированной базы знаний на основании классификатора документации // Компетентность. 2026. № 3. С. 3–7. DOI: 10.24412/1993-8780-2026-3-03-07.

10. От школы до профпереподготовки: ТУСУР – метрология в фокусе внимания // Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники: официальный сайт. 12.09.2025. URL: https://tusur.ru/ru/novosti-i-meropriyatiya/novosti/prosmotr/-/novost-ot-shkoly-do-profperepodgotovki-tusur-metrologiya-v-fokuse-vnimaniya (дата обращения: 11.09.2026).

11. Гордиенко О. В. Современные средства оценивания результатов обучения: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Юрайт, 2026. 177 с. ISBN: 978-5-534-06396-7.

12. Гарбук С. В., Шамина Е. О., Яшин А. В. Метрологическая модель процесса оценивания функциональных характеристик систем искусственного интеллекта // Законодательная и прикладная метрология. 2024. № 6(192). С. 23–32. DOI: 10.32446/2782-5418.2024-6-23-32.

13. Букушева А. В., Бурмистрова Н. А., Лукина О. В. Мониторинг влияния метакогнитивных стратегий предметной подготовки на метакогнитивную включенность студентов в образовательную деятельность // Стандарты и мониторинг в образовании. 2026. Т. 14. № 1. С. 9–16. DOI: 10.12737/1998-1740-2026-14-1-9-16.

14. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 11.09.2026).

15. Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»). URL: https://vniiftri.ru/ (дата обращения: 11.09.2026).

16. Шнейдер Е. М. Основы изучения метрологических измерений и этапов эволюции системы качества // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 379–383. URL: https://top-technologies.ru/article/view?id=37822 (дата обращения: 11.09.2026).



**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

УДК 378.1:37.04
DOI

CC BY 4.0

# ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СРЕДСТВАМИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

**Щербатых Л. Н. ORCID ID 0000-0003-2151-1101,**
**Щербатых С. В. ORCID ID 0000-0002-4870-8257,**
**Щучка Т. А. ORCID ID 0000-0002-6595-8514,**
**Гнездилова Н. А. ORCID ID 0000-0002-6307-4694**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина», Елец, Российская Федерация, e-mail: shcherlyd@mail.ru*

В статье отмечено, что профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий становится одним из возможных направлений совершенствования подготовки студентов медицинских специальностей, способных эффективно работать в условиях международной интеграции и цифровой трансформации здравоохранения, что и определяет актуальность настоящего исследования. Выделяется проблема: какова сущность категории «профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании» и теоретико-эмпирические основы ее формирования? Цель исследования – рассмотреть сущность категории «профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании» и основы ее формирования. Использованы методы: анкетирование, тестирование, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент, t-критерий Стьюдента. Вследствие выполненного исследования раскрыта сущность, определены компоненты, критерии, показатели и уровни профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании; осуществлено формирование структурных компонентов в рамках реализации дисциплин «Деловой иностранный язык», «Медицинская информатика», «Медицинские информационные системы» с оценкой его эффективности. Результаты показывают, что выпускники, прошедшие такую подготовку, будут обладать цифровыми компетенциями, навыками участия в международных проектах и практикой использования телемедицинских платформ, медицинских информационных систем. Выявление сущности профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании и рассмотрение основ ее формирования позволяет внести определенный вклад в развитие педагогической науки и практики.

**Ключевые слова: профессиональная ориентация, обучающиеся, медицинское образование, иностранный язык, цифровые технологии, структурные компоненты, процесс формирования**

# PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS USING A FOREIGN LANGUAGE AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN MEDICAL EDUCATION

**Scherbatykh L. N. ORCID ID 0000-0003-2151-1101,**
**Scherbatykh S. V. ORCID ID 0000-0002-4870-8257,**
**Schuchka T. A. ORCID ID ID 0000-0002-6595-8514,**
**Gnezdilova N. A. ORCID ID 0000-0002-6307-4694**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yelets State University named after I. A. Bunin", Yelets, Russian Federation, e-mail: shcherlyd@mail.ru*

The article notes that professional orientation of students through the use of a foreign language and digital technologies is becoming one of the possible ways to improve the training of medical students who are capable of working effectively in the context of international integration and the digital transformation of healthcare, which determines the relevance of this study. The following problem is identified: what is the essence of the category "professional orientation of students through the use of a foreign language and digital technologies in medical education" and the theoretical and empirical foundations of its formation? The aim of the study is to examine the essence of the category "professional orientation of students through the use of a foreign language and digital technologies in medical education" and the foundations of its formation. The following methods were used: questionnaires, testing, pedagogical observation, pedagogical experiment, and the Student's t-test. As a result of the study, the essence of the phenomenon was revealed, and the components, criteria, indicators, and levels of professional orientation of students through the use of a foreign language and digital technologies in medical education were identified; structural components were formed within the framework of the implementation of the disciplines "Business Foreign Language," "Medical Informatics," and "Medical Information Systems," along with an assessment of its effectiveness. The results show that graduates who have undergone such training will possess digital competencies, skills in participating in international projects, and practical experience in using telemedicine platforms and medical information systems. Identifying the essence of the professional orientation of students through the use of a foreign language and digital technologies in medical education, and examining the foundations of its formation, makes it possible to make a certain contribution to the development of pedagogical science and practice.

**Keywords: professional orientation, students, medical education, digital technologies, foreign language, structural components, the formation process**

## Введение

В современном обществе английский язык и цифровые технологии становятся частью любой профессии. Медицина, являясь сложной областью знаний, также активно их использует, что обусловлено несколькими ключевыми факторами современного развития медицинского образования и здравоохранения. Английский язык стал международным языком медицины – на нем проводятся конференции, публикуются научные статьи, создаются учебные материалы. Современный врач должен уметь взаимодействовать с иностранными коллегами и пациентами, что требует высокого уровня языковой подготовки. Стремительное развитие телемедицины и электронного здравоохранения требует от медицинских специалистов новых компетенций и определяет необходимость работы с международными базами данных, электронными медицинскими системами и цифровыми инструментами диагностики. Владение профессиональным иностранным языком и цифровыми технологиями значительно повышает конкурентоспособность будущих врачей, создает возможность участия в стажировках и научных проектах. Большинство передовых медицинских исследований публикуется на английском языке, что позволяет получать доступ к последним достижениям мировой медицины без временных задержек перевода. Современные образовательные стандарты требуют формирования не только профессиональных знаний, но и универсальных компетенций. Интеграция иностранного языка и цифровых технологий отвечает запросам времени и потребностям практического здравоохранения.

Таким образом, профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий становится одним из возможных направлений совершенствования подготовки студентов медицинских специальностей, способных эффективно работать в условиях международной интеграции и цифровой трансформации здравоохранения, что и определяет актуальность настоящего исследования. Выделяется проблема: какова сущность категории «профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании» и теоретико-эмпирические основы ее формирования?

**Цель исследования** – рассмотреть сущность категории «профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании» и основы ее формирования.

## Материалы и методы исследования

Анализ научных трудов позволил выделить основные направления исследований по рассматриваемой проблематике.

*Профессиональная ориентация и мотивация будущих врачей* [1; 2]. С. М. Кутепов и др. [3, с. 49–52] рассматривают профессиональную ориентацию как ключевой фактор самоопределения студентов-педиатров. Е. В. Конобеева и др. [2, с. 43–48] исследуют влияние практической деятельности («помощник врача-терапевта») на профессиональное становление студентов старших курсов. Эти исследования показывают, что процесс профессионализации – это комплексная задача, решаемая не только через теорию, но и через практику и целенаправленную воспитательную работу.

*Роль иностранных языков* [4–6]. Эта группа статей подчеркивает важность языковой подготовки для современных медиков. Е. Е. Руденко и др. [5, с. 48–52] и Е. Ю. Сорокина [6, с. 126–129] связывают обучение иностранному языку напрямую с профессиональной ориентацией, указывая на необходимость преподавания языка с учетом специальности. И. Ю. Марковина [4, с. 77–84] ищет оптимальные модели интеграции языковых дисциплин в учебный план медвуза. Иностранный язык рассматривается не как общеобразовательный предмет, а как инструмент для доступа к международным базам данных, клиническим рекомендациям и научной литературе.

*Интеграция цифровых и симуляционных технологий* [7–9]. Это самый обширный и динамично развивающийся блок, отражающий одно из обсуждаемых направлений развития медицинского образования. Морфология и цифровые технологии: Е. В. Сивухина [8, с. 278] приводит пример того, как даже классические фундаментальные дисциплины адаптируются к новым реалиям за счет внедрения цифрового инструментария. Симуляционные технологии: Г. Р. Хасанова [9, с. 423–428] прямо называет их инструментом модернизации образования, позволяющим отрабатывать практические навыки в безопасной среде. Сквозные технологии и кластеры: работы Р. М. Абдулгалимова [10, с. 188–197], К. Р. Амлаева [11; 12], А. А. Владимировой [13, с. 168–176] анализируют системное внедрение IT-решений. Упоминание научно-образовательных кластеров говорит о переходе от точечных инноваций к созданию единой экосистемы «образование – наука – практика». Оценка уровня готовности: исследование А. Б. Калдыбай [14, с. 50–51]

важно тем, что оценивает не только наличие технологий, но и уровень информированности и готовности самих студентов к их использованию.

*Ценностные и педагогические аспекты* [15–17]. Т. В. Малютина [15, с. 231–234] связывает ценностные ориентации со структурой профессиональной идентичности, подчеркивая гуманитарную составляющую врачебной деятельности. Е. В. Муржакова [16, с. 70–72] поднимает вопрос синтеза педагогики и медицины, что является основой для разработки эффективных образовательных методик. Д. А. Альтман и др. [17, с. 9–13] также затрагивают тему профессиональной ориентации как условия успешного становления специалиста.

Анализ дискурса в научном поле исследований показал, что интеграция цифровых технологий перестала быть экспериментом и стала распространяющимся направлением развития медицинского образования [7–9]. Успешная подготовка врача видится авторами как результат совместного применения нескольких образовательных компонентов: сильной мотивации и профориентации на старте, углубленной языковой подготовки, освоения передовых цифровых инструментов (телемедицинские платформы, медицинские информационные системы, генеративный ИИ) и формирования устойчивой системы профессиональных ценностей.

Однако интеграционное междисциплинарное взаимодействие медицины, иностранных языков и цифровых технологий освещалось недостаточно, и, в частности, формирование профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании не отмечено, что подтверждает необходимость разрешения выделенной проблемы исследования.

Для комплексной оценки эффективности профессиональной ориентации используются следующие методики: выявление профессиональных интересов, мотивов повышения профессионализма через международную деятельность, понимания этических норм медицинских систем различных стран; оценка уровня владения профессиональным иностранным языком; оценка уровня владения цифровыми инструментами на иностранном языке; оценка решения кейсов на иностранном языке с использованием цифровых технологий, имитирующих реальные медицинские ситуации.

Использованы методы: анкетирование, тестирование, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент, t-критерий Стьюдента.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ научных источников [4; 5; 7] позволил выделить профессиональную ориентацию обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании как целенаправленный процесс формирования у студентов-медиков профессиональных личностных качеств через интеграцию:

– иностранного языка (чаще всего английского) как инструмента профессионального общения, доступа к актуальной мировой медицинской информации, участия в международных конференциях, чтения профессиональной литературы и взаимодействия с иностранными пациентами;

– цифровых технологий, которые обеспечивают развитие цифровой компетенции, навыков работы с электронными базами данных, телемедициной, искусственным интеллектом, а также позволяют моделировать профессиональные ситуации и реализовывать интерактивные методы обучения.

С другой стороны, с опорой на исследования авторов [15–17] следует отметить, что категория «профессиональная ориентация обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании» представляется и как профессиональное интегративное качество личности будущего врача, характеризующееся устойчивой системой ценностных установок, когнитивной структурой и поведенческими моделями, обеспечивающими осознанную направленность на самореализацию и повышение профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины.

Выделены компоненты, критерии, показатели и уровни сформированности исследуемой категории, соотношение которых представлено в табл. 1. Выделенная система критериев, показателей и уровней сформированности компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании позволяет комплексно оценить качество процесса профессиональной ориентации и своевременно корректировать образовательные стратегии для подготовки конкурентоспособных специалистов медицинского профиля.

Педагогический эксперимент осуществлен на медицинском факультете ЕГУ им. И. А. Бунина. В эксперименте участвовали 43 респондента – обучающиеся направления подготовки «Лечебное дело», «Педиатрия». Определены следующие методики оценки уровней сформированности структурных компонентов исследуемой категории, представленные в табл. 2.

**Таблица 1**

Соотношение компонентов, критериев, показателей и уровней сформированности компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании

| Компоненты | Критерии | Показатели | Уровни сформированности |
|---|---|---|---|
| *Мотивационно-коммуникационный* компонент проявляется в выявлении интересов обучающихся к пополнению профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины | *Профессионально-мотивационный* критерий выражается в повышении профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины, понимании этических норм медицинских систем различных стран | Направленность на повышение профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины; участие в научных проектах на иностранном языке | *Низкий уровень* – отсутствие направленности на повышение профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины.<br>*Средний уровень* – направленность на повышение профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины.<br>*Высокий уровень* – ярко выраженная профессиональная направленность на повышение профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины; участие в научных проектах на иностранном языке |
| *Лингвистический* компонент определяется в использовании иностранного языка в международной профессиональной деятельности | *Языковой* критерий оценивает уровень владения профессиональным иностранным языком | Владение медицинской терминологией на иностранном языке | *Низкий уровень* – фрагментарное владение профессиональной лексикой на иностранном языке.<br>*Средний уровень* – системное знание медицинской терминологии на иностранном языке.<br>*Высокий уровень* – свободное профессиональное общение на иностранном языке |
| *Профессионально-цифровой* компонент определяется использованием цифровых платформ с мультиязычным интерфейсом | *Цифровой* критерий характеризует уровень работы с цифровыми технологиями | Степень развития цифровой компетенции | *Низкий уровень* – базовые цифровые навыки владения цифровыми инструментами на иностранном языке.<br>*Средний уровень* – достаточное владение цифровыми инструментами на иностранном языке.<br>*Высокий уровень* – уверенное владение цифровыми платформами с мультиязычным интерфейсом |
| *Практико-ориентированный* компонент предполагает понимание международных стандартов медицины; обеспечивает возможность выбора специализации с учетом языковых навыков и цифровых технологий | *Когнитивно-технологический* критерий показывает глубину профессиональных знаний и способность их применять на иностранном языке с использованием цифровых технологий | Применение профессиональных знаний в международной среде при работе с современными цифровыми инструментами | *Низкий уровень* – обучающийся знаком с международными стандартами через учебные материалы; способен воспроизвести алгоритмы действий под руководством преподавателя; выбор специализации основан преимущественно на академической успеваемости без учета языковой и цифровой подготовки.<br>*Средний уровень* – обучающийся способен самостоятельно применять международные протоколы в стандартных клинических ситуациях; осознанный выбор специализации выполнен с анализом своих языковых возможностей; использование базовых цифровых инструментов для профессионального развития.<br>*Высокий уровень* – свободное владение международными стандартами и способность адаптировать их к локальным условиям; стратегический выбор специализации с четким пониманием глобальной конкурентоспособности; интеграция передовых цифровых технологий (ИИ-диагностика, роботизированная хирургия, биоинформатика); способность к работе в мультикультурных медицинских командах |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 2**

Методики оценки компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании

| Компоненты | Методики оценки сформированности компонентов | Инструменты оценки |
|---|---|---|
| Мотивационно-коммуникационный | Выявление профессиональных интересов, мотивов повышения профессиональных знаний через международное сотрудничество в области медицины, понимании этических норм медицинских систем различных стран | Авторская анкета; t-критерий Стьюдента |
| Лингвистический | Оценка уровня владения профессиональным иностранным языком | Авторские тесты; t-критерий Стьюдента |
| Профессионально-цифровой | Оценка уровня владения цифровыми инструментами на иностранном языке | Авторские тесты; t-критерий Стьюдента |
| Практико-ориентированный | Оценка решения кейсов на иностранном языке с использованием цифровых технологий, имитирующих реальные медицинские ситуации | Авторская совокупность ситуационных задач (пример 1); t-критерий Стьюдента |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Пример 1. Фрагмент ситуационной задачи на иностранном языке с использованием цифровых технологий, имитирующих реальные медицинские ситуации

*1. You are an employee of a medical institution using a comprehensive medical information system. You need to obtain the written consent of a foreign patient to the processing of his personal data. The patient raises concerns about the safety of the storing medical information about him electronically.*

*2. By what arguments can you convince a foreign patient that it is safer to store the patient information electronically than in paper?*

*3. Describe what mechanisms exist to protect the personal medical data of the foreign patients?*

Данные методики позволяют получить объективную картину сформированности структурных компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании.

Формирование структурных компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании целенаправленно осуществлено в рамках реализации дисциплин «Деловой иностранный язык», «Медицинская информатика», «Медицинские информационные системы».

Интеграция иностранного языка и цифровых технологий для формирования профессиональной ориентации в медицинском образовании имеет цель – уйти от параллельного изучения дисциплин к их слиянию в единый практико-ориентированный процесс. При этом использованы различные методы интеграции, среди которых метод CLIL (Content and Language Integrated Learning) / Предметно-языковое интегрированное обучение. Это фундаментальный метод, при котором иностранный язык используется как инструмент для изучения профильного предмета. Например, лекция или семинар по медицинской информатике проводится на английском языке преподавателем-лингвистом совместно с преподавателем – IT-специалистом. Обучающийся усваивает сложную тему (Big Data in Healthcare, AI diagnostics) сразу через призму профессионального английского, запоминая термины и конструкции в контексте, а не из словаря.

Следующий применяемый метод – метод проектно-проблемного обучения (PBL – Problem-Based Learning). Обучающиеся работают над решением комплексной медицинской проблемы, требующей применения всех развиваемых компетенций, например, проектом «Разработка прототипа модуля телемедицины для мониторинга пациентов с хронической сердечной недостаточностью». Иностранный язык используется для анализа англоязычных аналогов, написания документации и пользовательского соглашения на двух языках, подготовки презентации для инвесторов, выбора цифровых технологий для проектирования интерфейса, работы с базой данных показателей пациента, моделирования работы МИС. Инструментальная связка: использование совместной доски Miro, мессенджера MAX, GigaChat для решения задач на русском/английском.

Симуляционно-имитационный метод предполагает создание высокореалистичных сценариев, где языковой и цифровой компоненты неразделимы. Сценарий VR-симуляции: симуляция экстренной помощи в отделении скорой помощи. Пациент (виртуальный аватар) говорит только на английском, жалуясь на боли. Интерфейс медицинского оборудования (монитор жизненных функций, дефибриллятор) также на английском. Задача обучающегося: понять анамнез, правильно интерпретировать данные на мониторе и выполнить манипуляции, следуя голосовым подсказкам системы на иностранном языке.

Инструментами интеграции выступают коммуникационные платформы (MAX), видеоконференцсвязь (Контур.Толк), позволяющие создать единое пространство для общения. Каналы в MAX могут быть тематическими (#medical_english, #mis_support), где общение ведется на целевом языке. ИИ-помощники GigaChat, специализированные медицинские чат-боты помогают с генерацией учебных диалогов «врач – пациент» на заданную тему, помогают выполнить быстрый перевод и объяснение сложных терминов из статей, создать ролевую игру (например, GigaChat в роли требовательного иностранного пациента). Таким образом, корректная интеграция диалогового ассистента GigaChat в практику преподавания дисциплины выступает как эффективное многофункциональное средство.

Интеграция достигается не простым суммированием часов по разным дисциплинам, а созданием комплексных образовательных продуктов (проектов, симуляций, кейсов), которые изначально спроектированы так, чтобы решение профессиональной задачи было невозможно без одновременного использования и цифрового инструмента, и иностранного языка.

Содержание формирования структурных компонентов исследуемой категории в рамках реализации дисциплин «Деловой иностранный язык», «Медицинская информатика», «Медицинские информационные системы» заключается в создании непрерывной цепочки: от освоения базовой лексики и интерфейса к решению смоделированных профессиональных задач; к готовности применять эти компетенции в реальной клинической практике для оказания качественной и современной медицинской помощи.

Выполнены срезы уровней сформированности структурных компонентов профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании в соответствии с методиками табл. 2 до начала и после формирующего воздействия.

Оценка по критерию Стьюдента показала следующие результаты (табл. 3–6).

Анализ результатов эксперимента, представленных в табл. 3–6, показал, что при выборке N = 43 чел. сравниваются показатели «до» и «после» формирующего воздействия. Статистическая проверка выполнена с помощью t-критерия Стьюдента для связанных выборок. Критическое значение tкр = 2,7 при α = 0,01 (высокий уровень значимости). Во всех четырех компонентах tэмп > tкр, значит, различия статистически достоверны с вероятностью ошибки менее 1 %.

**Таблица 3**

Результаты сформированности мотивационно-коммуникационного компонента профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании (оценка по критерию Стьюдента)

| Мотивационно-коммуникационный компонент | | |
|---|---|---|
| | До проведения формирующего воздействия | После проведения формирующего воздействия |
| Низкий уровень | n = 28 | n = 16 |
| Средний уровень | n = 10 | n = 15 |
| Высокий уровень | n = 5 | n = 12 |
| Сумма | 43 | 43 |
| Среднее ($\bar{x}$) | 32,05 | 48,81 |
| t | tэмп = 4,9, tкр = 2,7 при α = 0,01 | |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 4**

Результаты сформированности лингвистического компонента профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании (оценка по критерию Стьюдента)

| Лингвистический компонент | | |
|---|---|---|
| | До проведения формирующего воздействия | После проведения формирующего воздействия |
| Низкий уровень | n = 25 | n = 18 |
| Средний уровень | n = 12 | n = 13 |
| Высокий уровень | n = 6 | n = 12 |
| Сумма | 43 | 43 |
| Среднее ($\bar{x}$) | 34,9 | 46,86 |
| t | tэмп = 4, tкр = 2,7 при α = 0,01 | |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 5**

Результаты сформированности профессионально-цифрового компонента профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании (оценка по критерию Стьюдента)

| Профессионально-цифровой компонент | | |
|---|---|---|
| | До проведения формирующего воздействия | После проведения формирующего воздействия |
| Низкий уровень | n = 21 | n = 15 |
| Средний уровень | n = 15 | n = 16 |
| Высокий уровень | n = 7 | n = 12 |
| Сумма | 43 | 43 |
| Среднее ($\bar{x}$) | 37,9 | 49,05 |
| t | tэмп = 3,2, tкр = 2,7 при α = 0,01 | |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 6**

Результаты сформированности практико-ориентированного компонента профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании (оценка по критерию Стьюдента)

| Практико-ориентированный компонент | | |
|---|---|---|
| | До проведения формирующего воздействия | После проведения формирующего воздействия |
| Низкий уровень | n = 26 | n = 13 |
| Средний уровень | n = 12 | n = 19 |
| Высокий уровень | n = 5 | n = 11 |
| Сумма | 43 | 43 |
| Среднее ($\bar{x}$) | 34,02 | 50,07 |
| t | tэмп = 4,8, tкр = 2,7 при α = 0,01 | |

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

*Мотивационно-коммуникационный компонент.* Динамика уровней:

– низкий уровень: с 28 до 16 респондентов (снижение на 12 чел.);

– средний уровень: с 10 до 15 респондентов (рост на 5 чел.);

– высокий уровень: с 5 до 12 респондентов (рост в 2,4 раза).

Среднее значение выросло с 32,05 до 48,81 балла (прирост на 16,76 балла, 52 %); tэмп = 4,9.

Наиболее выраженная положительная динамика. После эксперимента почти в 2,5 раза увеличилось число респондентов с высоким уровнем мотивации и коммуникативных навыков. Это свидетельствует о статистически значимом изменении показателей после учебного модуля именно на эмоционально-волевую и интерактивную сферу участников.

*Лингвистический компонент*

Динамика уровней:

– низкий уровень: с 25 до 18 респондентов (снижение на 7 чел.);

– средний уровень: с 12 до 13 респондентов (незначительный рост);

– высокий уровень: с 6 до 12 респондентов (рост вдвое).

Среднее значение выросло с 34,9 до 46,86 балла (прирост на 11,96 балла, 34 %); tэмп = 4,0.

Улучшение языковых и речевых показателей заметно, но менее интенсивно, чем в мотивационном компоненте. Основной сдвиг произошел за счет перехода части участников с низкого уровня на высокий. Средний уровень практически не изменился, что говорит о «скачкообразном» эффекте – некоторые испытуемые преодолели порог низких результатов и сразу вышли в высокую группу.

*Профессионально-цифровой компонент*

Динамика уровней:

– низкий уровень: с 21 до 15 респондентов (снижение на 6 чел.);

– средний уровень: с 15 до 16 респондентов (незначительный рост);

– высокий уровень: с 7 до 12 респондентов (рост на 5 чел.).

Среднее значение выросло с 37,9 до 49,05 балла (прирост на 11,15 балла, 29 %); tэмп = 3,2 – минимальное значение среди всех компонентов, но все еще значимо (tэмп > 2,7).

Положительная динамика подтверждена статистически, однако она наименее выражена. Это может быть связано с тем, что цифровые и узкопрофессиональные компетенции требуют более длительного времени для формирования, чем мотивационные или базовые лингвистические навыки. Тем не менее доля высокого уровня увеличилась с 16 до 28 %, что является важным наблюдаемым изменением распределения участников.

*Практико-ориентированный компонент*

Динамика уровней:

– низкий уровень: с 26 до 13 респондентов (снижение вдвое);

– средний уровень: с 12 до 19 респондентов (рост на 7 чел.);

– высокий уровень: с 5 до 11 респондентов (рост в 2,2 раза).

Среднее значение выросло с 34,02 до 50,07 балла (прирост на 16,05 балла, 47 %); tэмп = 4,8.

Это второй по силе эффект после формирования мотивационно-коммуникационного компонента. Показательно сокращение числа участников с низким уровнем ровно вдвое – с 26 до 13. Одновременно средний уровень вырос наиболее заметно (+7 чел.), что говорит о сдвиге всей группы в сторону более уверенного владения практическими навыками. Высокий уровень увеличился более чем вдвое.

Все компоненты продемонстрировали статистически значимый рост ($p < 0,01$), что подтверждает достаточную результативность проведенного экспериментального воздействия. Наибольший прогресс наблюдается в формировании мотивационно-коммуникационного и практико-ориентированного компонентов – здесь и самые высокие t-значения, и наиболее выраженное перераспределение уровней. Наименьший, но все же значимый прирост зафиксирован в профессионально-цифровом компоненте, что требует дополнительного внимания по повышению уровня цифровой компетенции у будущих медиков. В целом удалось не только статистически значимо повысить средние баллы, но и качественно изменить структуру распределения участников – уменьшить долю слабых и существенно увеличить долю сильных по всем четырем компонентам.

## Заключение

Вследствие выполненного исследования раскрыта сущность, определены компоненты, критерии, показатели и уровни профессиональной ориентации обучающихся средствами иностранного языка и цифровых технологий в медицинском образовании; осуществлено формирование структурных компонентов в рамках реализации дисциплин «Деловой иностранный язык», «Медицинская информатика», «Медицинские информационные системы» с оценкой эффективности такого процесса.

Результаты показывают, что выпускники, прошедшие такую подготовку, будут обладать способностью участия в международных проектах и использования телемедицинских платформ, медицинских информационных систем, генеративного ИИ, что напрямую отвечает запросам современного здравоохранения.

## Список литературы

1. Меньщикова К. С., Тюнина О. И., Радченко М. С. Анализ профессиональной мотивации студентов медицинского вуза // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 97–2. С. 93–96. DOI: 10.18411/trnio-05-2023-89. EDN: IKJAHV.

2. Конобеева Е. В., Соколов И. М., Гафанович Е. Я., Железнякова Н. А., Мартынович Т. В., Савельев Д. Ю. Фор-

мирование профессиональной ориентации студентов 5 курса лечебного факультета после прохождения клинической практики «помощник врача-терапевта» // Медицинское образование сегодня. 2024. № 2 (26). С. 43–48. URL: https://medobrtoday.ru/index.php/medobrtoday/issue/view/27 (дата обращения: 01.07.2026). EDN: CGRXEX.

3. Кутепов С. М., Давыдова Н. С., Бородулина Т. В., Корякина О. В., Носкова М. В. Профессиональная ориентация как фактор самоопределения будущих врачей-педиатров // Медицинское образование и вузовская наука. 2014. № 2 (6). С. 49–52. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_30003386_64714333.pdf (дата обращения: 04.07.2026). EDN: ZGORBV.

4. Марковина И. Ю. Иностранный язык в медицинском вузе: оптимальные модели обучения // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. 2015. № 14 (725). С. 77–84. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_23681425_20105721.pdf (дата обращения: 04.07.2026). EDN: TYFSYJ.

5. Руденко Е. Е., Потехина Е. С., Ковалева М. Б. Профессионально ориентированное обучение иностранному языку студентов медицинских специальностей // Международный журнал экспериментального образования. 2021. № 6. С. 48–52. URL: https://expeducation.ru/ru/article/view?id=12065 (дата обращения: 04.07.2026). EDN: PARAIS.

6. Сорокина Е. Ю. Важность иностранных языков для профессиональной ориентации будущих специалистов // Практические и теоретические аспекты преподавания иностранных языков с опорой на профессиональную ориентацию будущих специалистов: сборник материалов межвузовской научно-методической конференции (г. Ростов-на-Дону, 25 января 2020 г.). Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет, 2020. С. 126–129. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_42789973_52242104.pdf (дата обращения: 04.07.2026). EDN: GHTJDQ.

7. Кипятков Н. Ю., Бельская К. А., Харченко Н. Л., Чистяков М. С., Толстунов Л. Г. Особенности применения цифровых технологий в медицинском образовании // Вестник педагогических наук. 2025. № 2. С. 256–263. URL: https://vpn-journal.ru/archives/11004 (дата обращения: 04.07.2026). EDN: YZDJQX.

8. Сивухина Е. В. Морфологические дисциплины как модель интеграции классических подходов и новых цифровых технологий в медицинском образовании // Оренбургский медицинский вестник. 2025. Т. 13. № S2 (50). С. 278. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_82787639_55323769.pdf (дата обращения: 05.07.2026). EDN: BVRBXF.

9. Хасанова Г. Р. Цифровые и симуляционные технологии как инструмент модернизации медицинского образования // Университетская наука: взгляд в будущее: сборник научных трудов по материалам международной научной конференции, посвященной 91-летию Курского государственного медицинского университета. В 2 т. (г. Курск, 06 февраля 2026 г.). Курск: Курский государственный медицинский университет, 2026. С. 423–428. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_89059340_44092996.pdf (дата обращения: 05.07.2026). EDN: AHKLLM.

10. Абдулгалимов Р. М., Абдулгалимова Г. Н. Изучение влияния различных цифровых технологий на результаты обучения в профессиональном медицинском образовании // Актуальные проблемы профессионально-педагогического образования: сборник материалов III-й Международной научно-практической конференции (г. Махачкала, 25 ноября 2025 г.). Т. I. Махачкала: Дагестанский государственный педагогический университет им Р. Гамзатова, 2025. С. 188–197. URL: https://elibrary.ru/uximhb (дата обращения: 05.07.2026). EDN: UXIMHB.

11. Амлаев К. Р., Бакунц С. А. Информационно-коммуникационные технологии в медицине // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. Т. 30. № 4. С. 629–638. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-629-638. PMID: 35960295. EDN: RSZUOZ.

12. Амлаев К. Р., Койчуева С. М., Ходжаян А. Б., Мажаров В. Н. Совершенствование медицинского образования в рамках научно-образовательного медицинского кластера // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2024. Т. 32. № 1. С. 94-101. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38349692/ (дата обращения: 05.07.2026). DOI: 10.32687/0869-866X-2024-32-1-94-101. EDN: KNNSMQ.

13. Владимирова А. А., Злобина О. В., Труфанова Ю. Ю. Интеграция современных цифровых технологий в систему высшего медицинского образования: перспективы и проблемы // Педагогическое взаимодействие: возможности и перспективы: материалы VIII международной научно-практической конференции (г. Саратов, 26–27 марта 2026 г.). Саратов: Издательский центр Саратовского государственного медицинского университета, 2026. С. 168–176. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=91482598&pff=1 (дата обращения: 05.07.2026). EDN: LXIJQG.

14. Калдыбай А. Б., Байгенжеева Р. К. Оценка уровня информированности студентов о применении цифровых технологий в медицинском образовании и клинической практике // Фундаментальные исследования как основа медицинской практики: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки УР и РФ, члена-корреспондента РАТН, доктора медицинских наук, профессора Г. Е. Данилова (г. Ижевск, 03–08 декабря 2025 г.). Ижевск: Ижевская государственная медицинская академия, 2025. С. 50–51. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_88932600_11153237.pdf (дата обращения: 05.07.2026). EDN: VLZGLE.

15. Малютина Т. В., Магазева Е. А. Значение ценностных ориентаций в структуре профессиональной идентичности будущего врача // Системогенез учебной и профессиональной деятельности: материалы VII Международной научно-практической конференции (г. Ярославль, 20–22 октября 2015 г.). Ч. 1. Ярославль: Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, 2015. С. 231–234. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://elibrary.ru/download/elibrary_24781467_39697091.pdf (дата обращения: 10.07.2026). EDN: UWHPTL.

16. Муржакова Е. В. Интеграция педагогики и медицины // Твое призвание: материалы Седьмого межрегионального (с международным участием) конкурса научно-практических работ, посвященного памяти доктора педагогических наук, профессора Василия Федоровича Сахарова (г. Киров, 21 мая 2020 г.) / Отв. ред. В. А. Сахаров, Л. Г. Сахарова). Киров, 2020. С. 70–72. URL: https://elibrary.ru/rukhrk (дата обращения: 10.07.2026). EDN: RUKHRK.

17. Альтман Д. А., Ларин А. Б., Шлепотина Н. М., Шаманова А. Ю. Профессиональная ориентация как необходимое условие успешного становления будущего врача на некоторых этапах образовательного процесса // Оптимизация высшего медицинского и фармацевтического образования: менеджмент качества и инновации: материалы IV Всероссийской (VII внутривузовской) научно-практической конференции (г. Челябинск, 05 февраля 2016 г.). Челябинск: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2016. С. 9–13. URL: https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://susmu.su/files/misc/sborniksmk2016_print_sm.pdf (дата обращения: 10.07.2026). EDN: VJIOOX.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина» (Елец, Россия).

**Financing:** The financing was carried out: Bunin Yelets State UNIVERSITY (Yelets, Russia).

УДК 378.18
DOI

CC BY 4.0

# СТРУКТУРНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ УЧАСТНИКОВ СТУДЕНЧЕСКИХ ОТРЯДОВ: ИНВАРИАНТНЫЙ И ВАРИАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТЫ

**Якупов Ш. Н. ORCID ID 0009-0009-3208-402X,**
**Закиева Р. Р. ORCID ID 0000-0001-9513-7672**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Российская Федерация, e-mail: rafina@bk.ru*

Массовость движения студенческих отрядов и включение воспитательной работы в состав образовательных программ высшей школы переводят вопрос о результатах отрядной деятельности в плоскость педагогической диагностики. Сложившиеся перечни качеств участников отрядов имеют вид неструктурированных списков и не учитывают различий между направлениями деятельности движения. Цель исследования – разработка и обоснование структурно-содержательной модели профессионально важных качеств участников студенческих отрядов с разграничением инвариантного и вариативного компонентов. Работа выполнена средствами теоретического исследования: контент-анализ научных публикаций о деятельности студенческих отрядов и о профессионально важных качествах обучающихся, сравнительно-сопоставительный анализ требований к участникам отрядов разных направлений, классификация, структурно-содержательное моделирование. Сформулированы три признака отнесения качества к инвариантному компоненту: востребованность вне зависимости от направления деятельности отряда, независимость от предметно-технологического содержания труда, доступность диагностике на всех этапах цикла участия. Инвариантное ядро представлено четырьмя компонентами – мотивационно-ценностным, коммуникативно-кооперативным, организационно-регулятивным, эмоционально-волевым; показано его сопряжение с универсальными компетенциями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. Вариативный компонент раскрыт через правило выведения профильных качеств из предмета, условий и типовых затруднений труда по пяти массовым направлениям движения. Введено уровневое измерение модели, разводящее допусковые качества, качества высокой результативности и качества-противопоказания. В заключение охарактеризованы теоретическое значение модели и границы ее применимости.

**Ключевые слова: профессионально важные качества, студенческий отряд, структурно-содержательная модель, инвариантный компонент, вариативный компонент, внеучебная деятельность, профессиональное становление обучающихся**

# STRUCTURAL AND CONTENT MODEL OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF PARTICIPANTS IN STUDENT LABOUR BRIGADES: INVARIANT AND VARIABLE COMPONENTS

**Yakupov Sh. N. ORCID ID 0009-0009-3208-402X,**
**Zakieva R. R. ORCID ID 0000-0001-9513-7672**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russian Federation, e-mail: rafina@bk.ru*

The large scale of the student labour brigade movement and the inclusion of educational work in higher education programmes have brought the outcomes of brigade activities into the field of educational assessment. Existing lists of qualities expected of brigade participants are unstructured and fail to account for differences between the movement's areas of activity. The aim of this study is to develop and substantiate a structural and content model of the professionally important qualities of student labour brigade participants, distinguishing between invariant and variable components. The study is theoretical in nature and employs content analysis of scholarly publications on student labour brigades and the professionally important qualities of students, comparative analysis of requirements for participants in brigades operating in different areas, classification, and structural and content modelling. Three criteria for assigning a quality to the invariant component are proposed: its relevance regardless of the brigade's area of activity, its independence from the specific subject matter and technological content of the work, and its assessability at every stage of the participation cycle. The invariant core comprises four components: motivational and value-based, communicative and cooperative, organizational and self-regulatory, and emotional and volitional. The core is mapped onto the universal competences established by the Federal State Educational Standards for Higher Education. The variable component is described through a procedure for deriving profile-specific qualities from the subject matter, working conditions, and typical work-related difficulties associated with five major areas of the movement. The model also incorporates a level-based dimension that distinguishes eligibility requirements, qualities associated with high performance, and disqualifying characteristics. The conclusion outlines the theoretical significance of the model and the limitations of its applicability.

**Keywords: professionally important qualities, student labour brigade, structural-content model, invariant component, variable component, extracurricular activity, professional development of students**

## Введение

Движение студенческих отрядов сохраняет положение крупнейшей формы организованной трудовой занятости учащейся молодежи в России: по данным Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, за 2024 год через отряды прошло свыше четырехсот тысяч человек из восьмидесяти пяти регионов страны[1]. Право обучающихся на создание студенческих отрядов закреплено частью 7 статьи 34 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации»[2]. После поправок 2020 года, включивших воспитание в состав образовательной программы[3], внеучебная трудовая активность студента оказалась в поле планируемых образовательных результатов, а вопрос о приобретениях участника за время работы в отряде перешел из разряда факультативных в разряд подлежащих педагогической оценке.

Оценка предполагает определенность своего предмета. Пока состав качеств, складывающихся у участников отряда, описан списком без внутренней структуры, оценочная процедура опирается на общее впечатление эксперта, а сопоставимость результатов между отрядами, направлениями и сезонами остается недостижимой. Отсюда потребность в модели, где профессионально важные качества (далее – ПВК) участников упорядочены по ясным основаниям и соотнесены с многообразием направлений движения.

История движения и его нынешнее состояние подробно описаны Ю. А. Поповым [1]. Статус отрядов как развивающегося вида молодежной субкультуры с собственной символикой, ритуалами и внутренней иерархией обоснован А. В. Марковой и Ю. Н. Суриковым [2]. Возможности отрядов в становлении личности студента и группировка отрядов по мере близости труда к профилю подготовки раскрыты В. А. Ананьевой и Т. С. Еремеевой [3]. Линия социально-профессионального самоопределения молодежи через трудовые объединения прослежена в работе М. А. Гнатюка с соавторами [4]. Собственно качества участников впервые стали предметом специального изучения у Г. В. Завады, М. В. Реймер и Ш. Н. Якупова: на материале опроса работодателей и участников движения авторами получена номенклатура из тридцати позиций с оценками значимости и сформированности каждой [5]. При всей эмпирической ценности полученный перечень остается плоским: ПВК в нем не сгруппированы, не разведены по уровням и не соотнесены с направлениями деятельности, притом что движение объединяет строительные, педагогические, сервисные, сельскохозяйственные отряды и отряды проводников с несовпадающим предметом и условиями труда.

Складывается противоречие: единая для движения система оценки предполагает общее для всех отрядов ядро качеств, тогда как профильная валидность оценки достижима лишь при учете специфики каждого направления. Проблема исследования состоит в поиске основания, по которому общая и профильная части ПВК могут быть разведены без утраты сопоставимости оценок между отрядами разного профиля.

**Цель исследования** – разработка и обоснование структурно-содержательной модели профессионально важных качеств участников студенческих отрядов, разграничивающей инвариантный и вариативный компоненты.

## Материалы и методы исследования

Источниковую базу составили три группы материалов. К первой отнесены научные публикации 2015–2026 годов о деятельности студенческих отрядов и о профессионально важных качествах обучающихся, отобранные по ключевым словам в научных электронных библиотеках. Вторую группу образовали нормативные и программные документы: федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования с закрепленным в них перечнем универсальных компетенций[4], профессиональные стандарты по профессиям, осваиваемым участниками отрядов[5], программы профессионального обучения движения. Третья группа сложилась из локальных документов региональных штабов и образовательных организаций – положений о линейных отрядах и требований к отбору кандидатов по направлениям деятельности.

[1] В 2024 году участниками российских студенческих отрядов стали более 400 тыс. молодых людей // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. 2024. URL: https://www.minobrnauki.gov.ru/press-center/news/molodezhnaya-politika/95303/ (дата обращения: 16.07.2026).

[2] Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ч. 7 ст. 34) // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 16.07.2026).

[3] О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся: Федеральный закон от 31.07.2020 № 304-ФЗ // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358792/ (дата обращения: 16.07.2026).

[4] Портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: https://fgosvo.ru (дата обращения: 16.07.2026).

[5] Профессиональный стандарт «Специалист, участвующий в организации деятельности детского коллектива (вожатый)»: утвержден Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2018 № 840н.

**Таблица 1**

Признаки отнесения качества к инвариантному компоненту

| Признак | Содержание | Способ проверки |
|---|---|---|
| Востребованность вне зависимости от направления | качество входит в требования к участнику при любом профиле отряда | упоминание в требованиях не менее чем к пяти из семи направлений движения |
| Независимость от предметно-технологического содержания труда | качество обслуживает сам способ включения в совместную деятельность, без привязки к предмету и орудиям конкретного труда | отсутствие качества в профессиограмме осваиваемой рабочей профессии при сохранении его в требованиях отряда |
| Сквозная диагностируемость | качество доступно фиксации на всех этапах цикла участия – от отбора до подведения итогов сезона | наличие пригодного метода диагностики для каждого этапа цикла |

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Обработка материала велась методом контент-анализа: единицей счета выступало упоминание качества в составе требований к участнику, единицей контекста – направление деятельности отряда. Далее применялись сравнительно-сопоставительный анализ требований по направлениям, классификация и обобщение с устранением синонимии формулировок, а на завершающем шаге – структурно-содержательное моделирование как способ сборки итоговой конструкции.

Способ разграничения компонентов опирается на сложившиеся трактовки категории ПВК. В систематизации Н. Ю. Посталюк и В. А. Прудниковой разведены профессиографическая, ресурсная и метапрофессиональная традиции описания качеств специалиста [6]. У Толочка В. А. сопоставлены компетентностный подход, схватывающий наблюдаемый результат деятельности, и подход через профессионально важные качества, обращенный к индивидуальным различиям субъектов труда [7]. Соотношение понятий «компетенция» и «профессиональные качества» в образовании и на государственной службе прослежено В. В. Зотовым [8]. О необходимости соединения системного, деятельностного и субъектного оснований при изучении формирования качеств у обучающихся писала Ю. Н. Бирюкова с соавторами [9]. Из перечисленных работ для настоящего исследования взято главное: профильно-специфические качества выводимы из строения конкретного труда, то есть профессиографически, тогда как качества, общие для разных видов труда, описываются на метапрофессиональном языке и стыкуются с универсальными компетенциями образовательных стандартов.

Разграничение инвариантного и вариативного компонентов проведено по трем признакам, применяемым совместно (табл. 1). К инварианту качество отнесено при одновременном выполнении всех трех условий. При невыполнении хотя бы одного оно попадает в вариативную часть соответствующего направления.

Рабочим в исследовании принято понимание ПВК участников студенческих отрядов как устойчивой характеристики субъекта деятельности, складывающейся и проявляющейся в ходе включенности обучающегося в работу отряда и сказывающейся на успешности выполнения им трудовых и общественно значимых задач сезона.

## Результаты исследования и их обсуждение

Сведение разрозненных перечней в единый массив обнажило два свойства исходного материала. Во-первых, немалая часть формулировок дублирует друг друга при внешнем различии слов: «ответственность», «обязательность» и «исполнительность» описывают в требованиях отрядов одно и то же поведение – доведение порученного участка до результата без внешнего понуждения, поэтому в итоговой номенклатуре оставлена одна единица с наиболее употребительным именем. Во-вторых, в исходных перечнях смешаны образования разной природы: рядом с устойчивыми свойствами субъекта («стрессоустойчивость») стоят навыки («владение инструментом»), мотивы («желание заработать») и характеристики опыта («наличие отработанного сезона»). При свертке за качеством закреплен статус устойчивой характеристики субъекта деятельности. Навыки и элементы опыта переведены в разряд показателей, по которым качество читается, мотивационные образования выделены в самостоятельный компонент модели.

Инвариантное ядро сложилось из качеств, прошедших проверку по всем трем признакам таблицы. Внутренняя группировка ядра выполнена по функции качества в совместной деятельности отряда и дала четыре критерия (табл. 2).

**Таблица 2**

Инвариантное ядро профессионально важных качеств участников студенческих отрядов

| Критерии | Состав качеств | Проявления в деятельности отряда | Универсальные компетенции |
|---|---|---|---|
| Мотивационно-ценностный | осознание социальной значимости труда; добровольность участия; принятие ценностей движения; установка на саморазвитие | осмысленный выбор направления и объекта работ; участие в общественно полезной программе отряда; возвращение в движение на следующий сезон | УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни |
| Коммуникативно-кооперативный | готовность к командной работе; переговорное поведение при разногласиях; принятие и передача ролей; контакт с принимающей стороной | слаженность бригады при сдельной работе; разрешение бытовых конфликтов без вмешательства командира; корректное взаимодействие с работодателем | УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде. УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном(ых) языке(ах) |
| Организационно-регулятивный | дисциплинированность; ответственность; самоорганизация; соблюдение регламентов и охраны труда; готовность к руководящей роли | выполнение нормы без внешнего контроля; ведение порученного участка; продвижение по ступеням внутриотрядного самоуправления | УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений |
| Эмоционально-волевой | физическая и бытовая выносливость; самообладание в нештатных ситуациях; настойчивость | сохранение работоспособности к концу смены; ровное поведение при перегрузках; завершение начатого при осложнении условий | УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности. УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов. |

Примечание: составлено авторами на основе анализа источников [2; 3; 5].

Мотивационно-ценностный компонент охватывает отношение участников к труду и движению: осознание социальной значимости выполняемой работы, добровольность трудового участия, принятие ценностей и традиций отряда, установку на профессиональное саморазвитие. По данным опроса работодателей и участников, понимание социальной значимости труда входит в тройку наиболее востребованных характеристик. В свете линии социально-профессионального самоопределения молодежи через трудовые объединения у компонента обнаруживается самостоятельное педагогическое содержание: включение в отряд становится для студента пробой себя в труде до выхода на рынок занятости.

Коммуникативно-кооперативный компонент собран вокруг взаимодействия в бригаде. Отрядный коллектив отличается от учебной группы соединением рабочего и бытового планов жизни: на протяжении сезона участники вместе трудятся и вместе живут, из-за чего появление конфликтной ситуации заметно выше, чем в аудитории. В состав компонента вошли готовность к командной работе, переговорное поведение при разногласиях, принятие и передача ролей внутри бригады, выстраивание отношений с принимающей стороной.

Организационно-регулятивный компонент объединяет дисциплинированность, ответственность за порученный участок, самоорганизацию, следование регламентам и требованиям охраны труда, готовность к руководящей роли в системе внутриотрядного самоуправления. Дисциплинированность и ответственность возглавляют перечень наиболее востребованных качеств по данным того же опроса [5]. Средовое основание компонента – самоуправление как последовательное прохождение участником ступеней от рядового участника до командного состава – заложено в саму логику движения.

Эмоционально-волевой компонент отвечает за устойчивость к нагрузкам сезона: физическую и бытовую выносливость, самообладание в нештатных ситуациях, настойчивость при монотонной или тяжелой работе. Полевые условия размещения, ненормированность отдельных периодов труда и удаленность от привычной инфраструктуры отличают отрядную занятость от большинства форм студенческой подработки, и названные свойства приобретают здесь статус условия самой возможности деятельности.

Сопряжение ядра с универсальными компетенциями федеральных государственных образовательных стандартов (правая колонка таблицы 2) имеет прямой практический смысл: наблюдения за участником в отряде становятся читаемыми на языке образовательной программы вуза. Командная работа и лидерство, самоорганизация и саморазвитие, безопасность жизнедеятельности находят в отрядной деятельности естественную область проявления, причем в условиях реальной, оплачиваемой и юридически оформленной занятости, недоступной аудиторным формам. О месте системного и критического мышления в ряду универсальных компетенций специалиста и руководителя подробно написано в работе В. А. Спивака [10].

В рамках вариативного компонента используется единый алгоритм анализа: сначала определяют предмет труда в рамках направления, затем характеризуют условия и режим работы, далее фиксируют типовые затруднения и нештатные ситуации, а в завершение выделяют профессионально значимые качества, необходимые для преодоления этих ситуаций. Этот алгоритм применён к пяти наиболее распространённым направлениям деятельности движения, они были задействованы в опытно-экспериментальной проверке эффективности сквозной технологии в Казанском государственном энергетическом университете по направлениям подготовки (группам научных специальностей): 08.04.01 Строительство, 5.8.7 Педагогика, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов и 35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура. Результаты представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

Вариативный компонент ПВК по направлениям деятельности студенческих отрядов

| Направление | Предмет и условия труда | Вариативные профессионально важные качества |
|---|---|---|
| Строительные отряды | строительные и ремонтные работы на действующих объектах; бригадная сдельная организация; повышенная травмоопасность | техническая аккуратность; неукоснительное соблюдение технологической дисциплины и правил безопасности; глазомер и пространственное представление; выносливость к физическим нагрузкам высокой интенсивности |
| Педагогические отряды | воспитательная работа с временным детским коллективом загородного лагеря; круглосуточная ответственность за жизнь и здоровье детей | эмоциональная отзывчивость в сочетании с выдержкой; педагогический такт; наблюдательность к состоянию ребенка; готовность к публичным формам работы; бдительность в вопросах безопасности детей |
| Отряды проводников | обслуживание пассажиров в поездах дальнего следования; сменный график; замкнутое пространство вагона | доброжелательность при высокой плотности контактов; устойчивость к монотонии и смещенному режиму сна; корректность в конфликтных ситуациях с пассажирами; аккуратность в ведении документации |
| Сервисные отряды | гостиничный, ресторанный и торговый сервис; постоянная работа на виду у клиента | клиентоориентированность; опрятность и презентабельность; скорость переключения между задачами; корректность при работе с претензиями |
| Сельскохозяйственные отряды | полевые уборочные и перерабатывающие работы; зависимость от погоды и жестких сроков | выносливость к длительному физическому труду на открытом воздухе; неприхотливость к бытовым условиям; удержание ритма и темпа работы в составе звена |

Примечание: составлено авторами на основе анализа источников [3; 5] и профессиональных стандартов по осваиваемым профессиям.

*Структурно-содержательная модель ПВК участников студенческих отрядов*
*Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования*

Вариативные перечни таблицы 3 имеют аналитическое происхождение: за ними стоят профессиограммы осваиваемых профессий, требования принимающих организаций и описанные в литературе особенности направлений [3; 5]. Эмпирическая проверка перечней на выборках участников соответствующих направлений образует отдельную исследовательскую задачу, сознательно вынесенную за пределы настоящей работы.

Двухчастным строением содержательная сторона модели исчерпывается лишь наполовину: одно и то же качество предъявляется к участнику с разной мерой строгости в зависимости от решаемой оценочной задачи, поэтому в модель введено второе, уровневое измерение. Допусковыми названы качества, без минимально выраженного уровня которых участие в деятельности направления недопустимо по соображениям безопасности либо ответственности перед принимающей стороной: у педагогических отрядов сюда попадает бдительность в вопросах безопасности обучающихся, у строительных – следование правилам охраны труда. Качества высокой результативности отличают участников, чья работа заметно превосходит нормативные ожидания: организаторские свойства, готовность брать ответственность сверх порученного, переговорная гибкость. Отдельное место занимают качества-противопоказания (свойства, выраженность которых несовместима с деятельностью направления): для педагогических отрядов таковы импульсивная агрессивность и пренебрежение режимными нормами, для отрядов проводников – конфликтная несдержанность. Уровневое измерение пересекает и инвариантную, и вариативную части: на этапе отбора кандидатов проверяются допусковые качества и отсутствие противопоказаний, при подведении итогов сезона – качества высокой результативности как основание для выдвижения в командный состав.

Сборка содержательного и уровневого измерений в единую конструкцию показана на рисунке.

Соотношение инвариантного ядра с обсуждаемыми в литературе «гибкими навыками» заслуживает отдельной оговорки. В работе С. Н. Фоминой зафиксирован разнобой самих определений понятия, осложняющий сопоставление эмпирических данных между исследованиями [11]. Ю. В. Сорокопуд с соавторами очерчивают область пересечения гибких навыков со сферой ПВК при несовпадении объемов понятий [12]. У Л. Н. Степановой и Э. Ф. Зеера владение гибкими навыками связывается с жизненным самоосуществлением студента [13]. Методика их формирования в вузе с оговоркой о подвижности состава под запрос рынка труда описана Б. А. Усковой и М. В. Фоминых [14], вопросы их развития в системе высшего образования рассмотрены также И. Ю. Тармаевой и Д. А. Хоросаженко [15]. Инвариантное ядро предложенной модели пересекается с гибкими навыками в коммуникативно-кооперативном и организационно-регулятивном компонентах; мотивационно-ценностная и эмоционально-волевая составляющие вместе со всей вариативной частью остаются за пределами типовых перечней гибких навыков.

Диагностические следствия модели просматриваются в двух направлениях. Стартовые профили гибких компетенций первокурсников, полученные М. В. Сафоновой, обнаруживают зоны отставания в организации совместной работы и в самораз-

витии [16] – области, приходящиеся как раз на инвариантное ядро. Студенческие объединения при этом описаны в литературе как значимый фактор формирования образовательной среды вуза [17], и отрядная деятельность предоставляет для доращивания названных качеств условия реальной совместной работы [18]. Ограничения самоотчетных процедур при измерении мягких навыков молодых людей описаны Э. Л. Емельяновой: самооценка систематически расходится с независимой экспертной оценкой [19], из чего для предложенной модели вытекает необходимость перепроверки самооценочных данных наблюдением и оценкой третьих лиц.

Границы модели заданы природой самой отрядной занятости. Сезонность цикла ограничивает наблюдение одним трудовым семестром, из-за чего фиксируется скорее проявление качества в конкретных условиях, чем его устойчивость на длинном отрезке профессионального пути. Вывод об устойчивости достижим при накоплении данных за несколько сезонов. Подвижна и граница между компонентами: с появлением новых направлений движения качество, сегодня закрепленное за вариативной частью, способно перейти в инвариант по достижении порога востребованности, зафиксированного в таблице 1. Наконец, пятипозиционный охват направлений в таблице 3 оставляет за рамками медицинские, экологические и ряд новых отрядов. Распространение правила вывода на них требует отдельной проверки и нуждается в опоре на соответствующие профильные профессиограммы, данная задача запланирована в рамках дальнейшей работы.

## Заключение

Итогом исследования выступает структурно-содержательная модель профессионально важных качеств участников студенческих отрядов, построенная на двух измерениях. Содержательное измерение разводит инвариантное ядро из четырех компонентов – мотивационно-ценностного, коммуникативно-кооперативного, организационно-регулятивного и эмоционально-волевого – и вариативную часть, выводимую из предмета, условий и типовых затруднений труда конкретного направления. Уровневое измерение различает допусковые качества, качества высокой результативности и качества-противопоказания, благодаря чему модель пригодна для решения разных оценочных задач – от отбора кандидатов до выявления кадрового резерва движения.

Теоретическое значение работы связано с переходом от плоских перечней качеств к упорядоченной конструкции с явным правилом отнесения каждого качества к своему месту. Практическая ценность определяется сопряжением инвариантного ядра с универсальными компетенциями образовательных стандартов: наблюдения за участником в отряде становятся переводимыми на язык образовательной программы вуза, а внеучебная трудовая деятельность получает измеримое отражение в картине образовательных результатов студента. Однако стоит отметить, что предложенная модель является предварительной концептуальной гипотезой, а не готовым диагностическим инструментом.

Перспектива дальнейшей работы видится в эмпирической верификации вариативных перечней на выборках участников соответствующих направлений, а также в разработке диагностического сопровождения модели с учетом установленных в литературе ограничений самоотчетных процедур, в том числе проверки содержательной, конструктивной и прогностической валидности, надежности и межэкспертной согласованности.

## Список литературы

1. Попов Ю. А. Роль студенческих отрядов по вовлечению молодежи в трудовую деятельность: исторические аспекты и современное состояние // Дневник науки. 2021. № 8. С. 1–15. URL: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2021/8/sociology/Popov.pdf (дата обращения: 10.07.2026).

2. Маркова А. В., Суриков Ю. Н. Студенческие отряды образовательных организаций как развивающийся вид современной молодежной субкультуры // Концепт. 2026. № 1. С. 321–339. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/studencheskie-otryady-obrazovatelnyh-organizatsiy-kak-razvivayuschiysya-vid-sovremennoy-molodezhnoy-subkultury (дата обращения: 10.07.2026). DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11019.

3. Ананьева В. А., Еремеева Т. С. Российские студенческие отряды: возможности становления и формирования личности студента вуза // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. 2017. Вып. 78. С. 119-124. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskie-studencheskie-otryady-vozmozhnosti-stanovleniya-i-formirovaniya-lichnosti-studenta-vuza (дата обращения: 10.07.2026).

4. Гнатюк М. А., Кротов Д. В., Самыгин С. И. Российские отрядытрудовые отряды как ресурс для социально-профессионального самоопределения молодежи // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2017. № 11. С. 31–34. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskie-studencheskie-trudovye-otryady-kak-resurs-dlya-sotsialno-professionalnogo-samoopredeleniya-molodezhi (дата обращения: 10.07.2026).

5. Завада Г. В., Реймер М. В., Якупов Ш. Н. Формирование номенклатуры личностных и профессионально важных качеств участников студенческих трудовых отрядов // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11 (137). С. 1–6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-nomenklatury-lichnostnyh-i-professionalno-vazhnyh-kachestv-uchastnikov-studencheskih-trudovyh-otryadov (дата обращения: 10.07.2026). DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.65.

6. Посталюк Н. Ю., Прудникова В. А. Профессионально важные качества специалиста: методологические подходы, модели, российские практики развития // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2020. № 3 (39). С. 86–94. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalno-vazhnye-kachestva-spetsialista-metodologicheskie-podhody-modeli-rossiyskie-praktiki-razvitiya (дата обращения: 11.07.2026).

7. Толочек В. А. Компетентностный подход и ПВК-подход: возможности и ограничения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2019. Т. 9. Вып. 2 (30). С. 123–137. URL: https://psyjournal.spbu.ru/article/view/5315/4581 (дата обращения: 11.07.2026). DOI: 10.21638/spbu16.2019.202.

8. Зотов В. В. Компетенции и профессионально важные качества: соотношение понятий и поле применимости в образовании, профессиональной сфере и государственной службе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Общественные науки. 2017. Т. 3. Вып. 2 (10). С. 28–33. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-i-professionalno-vazhnye-kachestva-sootnoshenie-ponyatiy-i-pole-primenimosti-v-obrazovanii-professionalnoy-sfere-i (дата обращения: 12.07.2026).

9. Бирюкова Ю. Н., Лесных Ю. Г., Аванесова Т. П. К анализу методологических основ формирования профессионально важных качеств у обучающихся // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 1 (104). С. 25–28. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-analizu-metodologicheskih-osnov-formirovaniya-professionalno-vazhnyh-kachestv-u-obuchayuschihsya (дата обращения: 12.07.2026). DOI: 10.24412/1991-5497-2024-1104-25-28.

10. Спивак В. А. Универсальная компетенция № 1: системное и критическое мышление специалиста и лидера // Лидерство и менеджмент. 2021. Т. 8. № 1. С. 53–68. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-kompetentsiya-1-sistemnoe-i-kriticheskoe-myshlenie-spetsialista-i-lidera (дата обращения: 12.07.2026). DOI: 10.18334/lim.8.1.111524.

11. Фомина С. Н., Добрынин К. А., Григорьева И. Г. Систематизация дефиниции «soft skills» в отечественной и зарубежной научной литературе // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2021. Т. 20. № 1 (158). С. 156–163. URL: https://www.researchgate.net/publication/354661661_Systematization_of_the_Definition_of_Soft_Skills_in_Domestic_and_Foreign_Scientific_Literature (дата обращения: 13.07.2026). DOI: 10.17922/2071-5323-2021-20-1-156-163.

12. Сорокопуд Ю. В., Амчиславская Е. Ю., Ярославцева А. В. Soft skills («мягкие навыки») и их роль в подготовке современных специалистов // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 1 (86). С. 194–196. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soft-skills-myagkie-navyki-i-ih-rol-v-podgotovke-sovremennyh-spetsialistov (дата обращения: 13.07.2026).

13. Степанова Л. Н., Зеер Э. Ф. Soft skills как предикторы жизненного самоосуществления студентов // Образование и наука. 2019. Т. 21. № 8. С. 65–89. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soft-skills-kak-prediktory-zhiznennogo-samoosuschestvleniya-studentov (дата обращения: 14.07.2026). DOI: 10.17853/1994-5639-2019-8-65-89.

14. Ускова Б. А., Фоминых М. В. Методика формирования soft skills у студентов вузов: теоретический и практический аспекты // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2022. Т. 19. № 1. С. 77–92. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-formirovaniya-soft-skills-u-studentov-vuzov-teoreticheskiy-i-prakticheskiy-aspekty (дата обращения: 14.07.2026). DOI: 10.17673/vsgtu-pps.2022.1.6.

15. Тармаева И. Ю., Хоросаженко Д. А. К вопросу о развитии «мягких» навыков у студентов в системе высшего образования // Global and Regional Research. 2023. Т. 5. № 1. С. 219–225. URL: http://grr-bgu.ru/reader/article.aspx?id=25682 (дата обращения: 14.07.2026).

16. Сафонова М. В. Гибкие компетенции студентов-первокурсников: актуальный уровень и возможности развития // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. 2025. № 2 (72). С. 110–125. URL: https://vestnik.kspu.ru/index.php/vestnik/article/view/619 (дата обращения: 15.07.2026).

17. Котенко И. Ю. Концептуальные основы индивидуально-интегративной подготовки будущих специалистов художественно-эстетического профиля в креативной среде ВУЗа // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 76-2. С. 92–94. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnye-osnovy-individualno-integrativnoy-podgotovki-buduschih-spetsialistov-hudozhestvenno-esteticheskogo-profilya-v (дата обращения: 15.07.2026).

18. Айгунова О. А., Саликова Э. В., Мкртчян В. А. Метод опроса «360 градусов» в оценке профессиональной деятельности учителя // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2018. № 5 (194). С. 232–241. DOI: 10.23951/1609-624X-2018-5-232-242. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metod-oprosa-360-gradusov-v-otsenke-professionalnoy-deyatelnosti-uchitelya (дата обращения: 15.07.2026).

19. Емельянова Э. Л. Методологические вызовы в измерении точности самооценки мягких навыков // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2025. Т. 31. № 3. С. 13–18. URL: https://vestnik-pip.kosgos.ru/attachments/article/1410/emelyanova-el-vestnik-pip-2025-3.pdf (дата обращения: 15.07.2026). DOI: 10.34216/2073-1426-2025-31-3-13-18.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 37.02:004.8
DOI

CC BY 4.0

# ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, ЗОНЫ РИСКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМУ УЧЕБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «УЧИТЕЛЬ – ОБУЧАЮЩИЙСЯ»

**[1]Голяев С. С. ORCID ID 0000-0003-1505-3503, [2]Голяева Н. В.**

*[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мордовский государственный педагогический университет имени М. Е. Евсевьева», Саранск, Российская Федерация, e-mail: gol1973@mail.ru;*
*[2]Саранский кооперативный институт (филиал) автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Саранск, Российская Федерация*

Широкое внедрение генеративного искусственного интеллекта в процесс обучения приводит к ситуации, когда значительную часть когнитивных операций выполняет программируемый бот, относящийся к базовой единице технологии ГИИ, это требует от участников учебного взаимодействия грамотного педагогического подхода к изучению и изменению принципа взаимодействия участников образовательного процесса и пересмотра критериев оценки его эффективности. В статье приводятся результаты анализа современных педагогических возможностей и существующие ограничения при использовании генеративного искусственного интеллекта в образовательном процессе на основе действительных результатов экспериментальных и теоретических исследований в 2023–2026 гг. Научно-методологической основой послужили общенаучные методы обработки и систематизации данных. В качестве основных источников данных были выбраны наукометрические базы и российские электронные библиотеки. Проведенный анализ показал, что сегодняшнее состояние использования педагогических возможностей генеративного искусственного интеллекта определяется тремя составляющими: использование технологии в организации персонализированного обучения; использование технологии как инструмента автоматизации рутинных операций при подготовке и проведении педагогических операций; внедрение технологии как вспомогательного инструмента в процесс развития метакогнитивной активности обучающихся. В ходе проведенного исследования был выделен один из феноменов использования ГИИ, который был определен как «метакогнитивная лень», выражающаяся в передаче большей части познавательных усилий ГИИ без обязательной рефлексии. Также были выявлены этические проблемы использования ГИИ и цифровое неравенство. В ходе изучения проблемы было установлено, что качество эффекта от использования генеративного искусственного интеллекта определяет не столько технологическая составляющая, сколько принципы, методы и содержание при их интеграции в образовательный процесс. Исходя из сделанных выводов следует, что при проектировании дидактических моделей использования ГИИ необходимо очень внимательно отнестись к равновесию между технологической составляющей и когнитивной независимостью обучающихся.

**Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, учебное взаимодействие, педагогические возможности, дидактические ограничения, метакогнитивная лень, академическая этика, персонализация обучения**

# GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: DIDACTIC POTENTIAL, RISK ZONES, AND PROSPECTS FOR INTEGRATION INTO THE TEACHER – STUDENT INTERACTION SYSTEM

**[1]Golyaev S. S. ORCID ID 0000-0003-1505-3503, [2]Golyaeva N. V.**

*[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evsevev", Saransk, Russian Federation, e-mail: gol1973@mail.ru;*
*[2]Saransk Cooperative Institute (branch) of the Autonomous Non-Profit Educational Organization of Higher Education of the Central Union of the Russian Federation "Russian University of Cooperation", Saransk, Russian Federation*

The widespread adoption of generative artificial intelligence in the learning process leads to a situation where a significant portion of cognitive operations is performed by a programmable bot, which is part of the basic unit of GAI technology. This requires participants in educational interaction to adopt a competent pedagogical approach to studying and changing the principles of interaction among participants in the educational process, as well as to revise the criteria for assessing its effectiveness. The article presents the results of an analysis of modern pedagogical opportunities and existing limitations when using generative artificial intelligence in the educational process, based on the actual results of experimental and theoretical studies conducted between 2023 and 2026. The scientific and methodological foundation was based on general scientific methods for processing and systematizing data.

Scientometric databases and Russian electronic libraries were selected as the main sources of data. The analysis showed that the current state of using the pedagogical potential of generative artificial intelligence is determined by three components: the use of the technology in organizing personalized learning; the use of the technology as a tool for automating routine operations in the preparation and conduct of pedagogical activities; and the implementation of the technology as an auxiliary tool in the process of developing students' metacognitive activity. During the study, one of the phenomena related to the use of GII was identified and defined as "metacognitive laziness," which manifests itself in the transfer of most of the cognitive efforts to GII without the need for reflection. Ethical issues related to the use of generative artificial intelligence and digital inequality were also identified. During the study of the problem, it was established that the quality of the effect produced by the use of generative artificial intelligence is determined not so much by the technological component as by the principles, methods, and content used when integrating it into the educational process. Based on the conclusions drawn, it follows that when designing didactic models for the use of generative artificial intelligence, it is necessary to pay very close attention to the balance between the technological component and the cognitive independence of students.

**Keywords: generative artificial intelligence, educational interaction, pedagogical opportunities, didactic limitations, metacognitive laziness, academic ethics, personalized learning**

## Введение

Массовое внедрение генеративных нейросетей в образовательную практику, начавшееся после публичного запуска ChatGPT в конце 2022 г., создало особую для педагогической науки и практики ситуацию в отличие от предыдущих волн цифровизации, требовавших специальной подготовки педагогов в области телекоммуникационных и информационных технологий [1]. Генеративный искусственный интеллект (ГИИ) стал доступен практически мгновенно и используется большей частью обучающихся без определенного организационно-структурного контроля [2]. Данная ситуация требует от системы образования не просто адаптироваться к технологии ГИИ, а разработать механизм учебного взаимодействия и критерии оценки его эффективности, в условиях, когда большая часть когнитивных операций выполняется программируемым агентом.

Согласно отчету ОЭСР «Digital Education Outlook 2026» [3, с. 134], ключевой вывод современной исследовательской повестки заключается в том, что образовательный эффект ГИИ определяется не столько технологией самой по себе, сколько педагогическим контекстом ее использования [4, с. 38].

Если выбранная технология существует без педагогического сопровождения и чаще всего используется для простого перенаправления задач, то повышения результатов обучения и учебного прогресса не будет. Этот тезис задает основную траекторию анализа, выбранную в нашей статье.

Научные исследования в области применения ГИИ в образовании начали активно вестись с 2023 г. Анализ наукометрических баз показывает, что количество публикаций, направленных на изучение методов применения нейросетевых технологий в образовательном процессе, экспоненциально растет.

Констатация авторов систематических обзоров показывает, что научное сообщество пока еще не выработало определенной договоренности относительно использования и влияния ГИИ на ключевые когнитивные процессы обучающихся и особенно на способность к самостоятельному контролю своей познавательной деятельности. Отечественная педагогическая наука также дает разностороннее освещение данной проблеме. Анализ результатов научных исследований, аккумулируемых в ходе масштабных опросов, показывает динамику стремительного внедрения ГИИ в образовательный процесс [5]. По данным «Яндекс Образования» в НИУ ВШЭ, уже 40 % педагогических работников доверяют ГИИ при проектировании образовательных программ, а 63 % обучающихся активно используют технологии нейросетей в учебной деятельности [6]. На основе результатов опроса, проведенного платформой «Знание. Академия», в котором приняли участие 2 тыс. педагогов из 89 регионов, 84 % педагогических работников считают, что обучающиеся уже используют ГИИ для выполнения различного вида заданий [7].

**Цель работы** – систематизировать и проанализировать педагогические возможности, методы механизмы и ограничения использования ГИИ в учебном взаимодействии на основе изучения данных актуальных научных исследований в этой области, которые были выполнены в 2023–2026 гг. В качестве теоретической основы будут использованы положения социально-конструктивистской теории, модель метакогнитивной регуляции Дж. Флавелла и концепция распределенного познания, позволяющие воспринимать ГИИ не как изолированный технологический инструмент, а как один из элементов расширенной когнитивной системы, которая включает в себя педагога, обучающегося и цифрового помощника.

## Материалы и методы исследования

Для достижения цели исследования использовался комплекс общенаучных теоре-

тических методов, методов контент-анализа и метода сравнительного сопоставления научных публикаций. В тестовом режиме анализировались запросы на начальной выборке, был использован расширенный поиск, учитывалось индексирование. Поиск релевантных источников проводился в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, а также в российской электронной библиотеке eLibrary.ru, на платформе открытого доступа «КиберЛенинка», в списках литературы из ключевых обзоров и систематических исследований, в ресурсах научных сообществ, конференций, ручным поиском в профильных журналах. Многие источники исключались из списка, так как являлись источниками с низким методологическим качеством либо дублировали другие источники. В качестве экспертной оценки проводилась оценка как минимум двух авторов, обсуждались расхождения и оценивалось методологическое качество. За временной промежуток с января 2023 г. по апрель 2026 г. отбор охватил 64 публикации, из которых после экспертной оценки по критериям тематической релевантности, методологической обоснованности и эмпирической насыщенности в итоговый список литературы включено 27 источников, отражающих ключевые результаты как зарубежных, так и отечественных исследовательских групп.

## Результаты исследования и их обсуждение

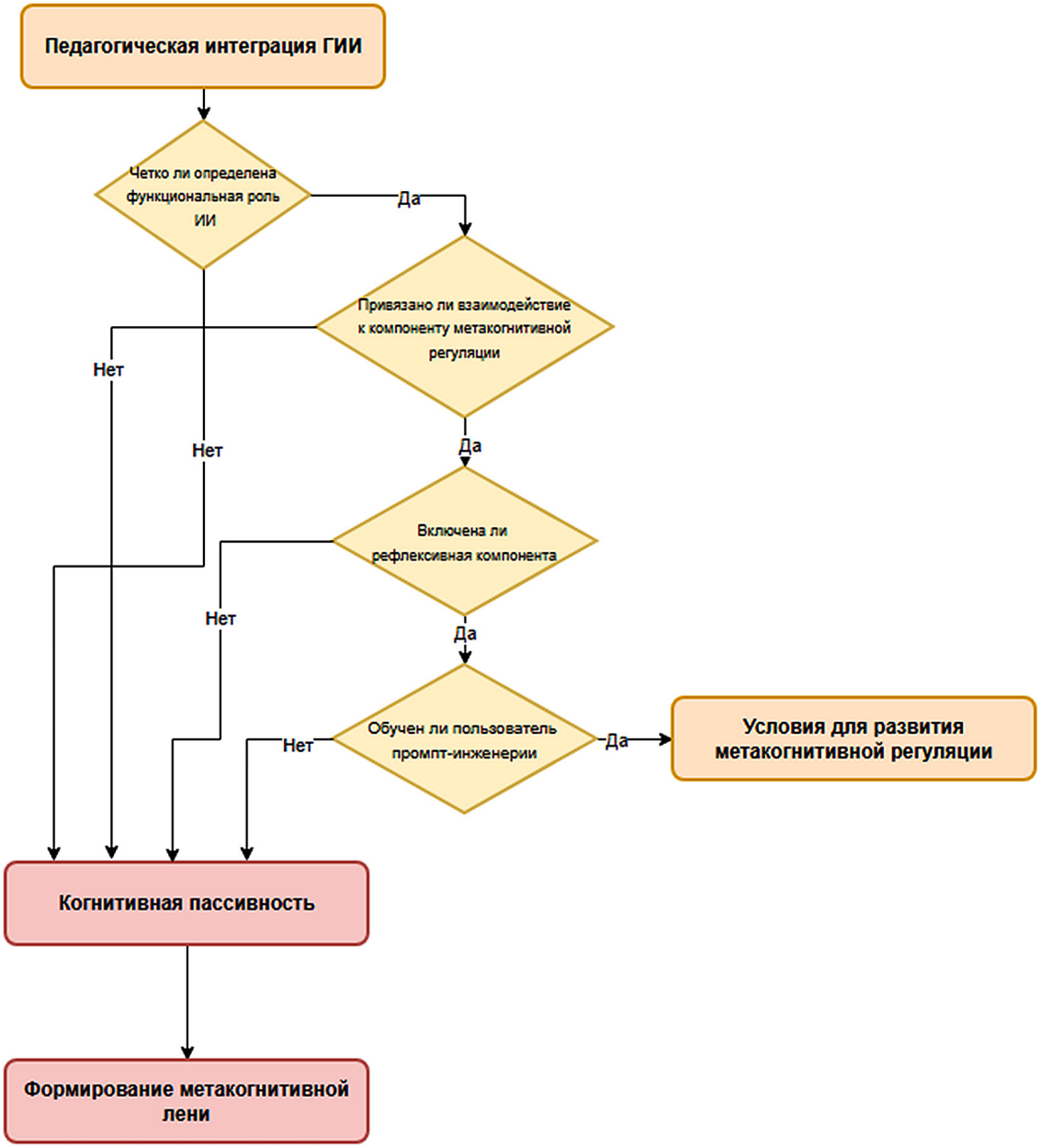
Подробный анализ научной литературы и экспериментальных данных позволяет выделить три группы педагогических возможностей, реализуемых грамотным, целенаправленным и педагогически обоснованным использованием ГИИ в образовательном процессе. Широко обсуждаемая и наиболее значимая возможность ГИИ – это создание определенных условий для качественной персонализации образовательного процесса [8, с. 151]. Традиционные адаптивные системы, действующие по заранее определенному алгоритму ветвления, отличаются от больших языковых моделей тем, что последние способны генерировать контекстно-ориентированные объяснения, адаптируя сложность, стиль и содержание под текущий уровень понимания конкретного учащегося [9, с. 8]. Осознавая преимущества, которые предоставляет ГИИ для педагогического процесса, многие ведущие вузы разрабатывают стратегии внедрения новых технологий в образовательный процесс, а также проводят эксперименты по созданию курсов, в которые вовлекаются не только преподаватели, но и учащиеся. Инициаторами по использованию генеративного искусственного интеллекта в образовательном процессе, как одного из инструментов персонализированного обучения, стали частные и коммерческие школы, которые по своей природе и конструктивным особенностям быстро внедряют технологические новинки и монетизируют их [10, с. 21].

Большое внимание на себя обращает тот факт, что технологию генеративного искусственного интеллекта многие рассматривают в качестве инструментария поддержки метакогнитивных процессов, которые, по мнению многих исследователей, являются основной составляющей процесса самостоятельного обучения. Результаты проведенного аналитического анализа показывают, что при создании определенных педагогических условий ГИИ не заменяет когнитивную активность обучающихся, а работает как инструмент временного распределения, мониторинга и самого процесса обучения.

Для визуализации этого тезиса приведем схему, на которой отражены условия, выполняя которые можно использовать ГИИ для развития метакогнитивных навыков и не способствовать их деградации (рисунок).

Согласно экспериментальным данным, использование ГИИ позволяет сократить время, которое педагог тратит на подготовку учебных материалов, разработку заданий и административную отчетность [11, с. 738]. Исследование, проведенное Институтом образования НИУ ВШЭ совместно с платформой «Учи.ру» среди 1,5 тыс. учителей, показало, что 79 % респондентов согласны с утверждением, что использование нейросетей помогает экономить время в профессиональной деятельности, а 48 % отмечают, что экономия заметна сразу [12].

Тем не менее специалисты отмечают, что автоматизация не должна рассматриваться как самоцель. Основным является перераспределение высвободившегося времени на те виды педагогической деятельности, которые требуют человеческого присутствия и не могут быть программно автоматизированы, к ним можно отнести, индивидуальное наставничество, развитие критического мышления, организацию совместной проектной деятельности и др. [13, с. 21]. Трансформация профессиональной роли педагога от транслятора знаний к организатору учебного процесса, является не столько риском, сколько необходимым условием продуктивного использования ГИИ [14, с. 39].




*Условия продуктивной метакогнитивной поддержки*
*Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Третье направление относится к включению технологии ГИИ в содержание образовательного процесса. ИИ-грамотность становится одной из важных компетенций современности. В рамках руководства по использованию генеративного искусственного интеллекта в образовании и научных исследованиях, разработанной ЮНЕСКО, говорится, что развитие компетенций в области искусственного интеллекта среди учащихся играет важнейшую роль в обеспечении безопасного, этического и важного использования ИИ в сфере образования и за ее пределами [15, с. 32]. Для достижения этой цели на данный момент необходимо выполнение следующих пяти действий:

– предоставить утвержденные правительством учебные программы по искусственному интеллекту для школьного образования, технического и профессионального образования и обучения, а также для обучения на протяжении всей жизни;

– поддерживать высшие учебные заведения и исследовательские учреждения в расширении программ развития местных талантов в области искусственного интеллекта;

− продвигать гендерное равенство в развитии передовых компетенций в области искусственного интеллекта и создавать гендерно-сбалансированный коллектив профессионалов;

− разрабатывать межсекторальные прогнозы национальных и глобальных изменений рабочих мест, вызванных автоматизацией, и повышать перспективные навыки на всех уровнях образования и систем непрерывного обучения на основе предполагаемых изменений;

− обеспечить специальные программы для пожилых работников и граждан, которым, возможно, потребуется освоить новые навыки и адаптироваться к новым условиям [15, с. 28].

Предложенная структура может использоваться при проектировании образовательных программ с интеграцией ИИ-грамотности в содержание учебных дисциплин. Необходимо отметить, что процесс формирования ИИ-грамотности не должен сводиться к техническим навыкам по умению обращаться с нейросетями, основным компонентом здесь является развитие критического мышления, которое необходимо для оценки достоверности и релевантности полученной с помощью нейросети информации.

Наряду с колоссальными возможностями проведенный анализ литературы позволил выявить определенные ограничения и риски интеграции ГИИ в образовательный процесс, которые требуют разработки специальных педагогических подходов [16].

«Метакогнитивная лень» – достаточно часто употребляемый термин в научной литературе, как один из рисков, имеющий экспериментальное подтверждение, направленный на снижение трудоемкости когнитивных процессов. Эмпирические исследования доказывают, что постоянное перераспределение когнитивных задач искусственному интеллекту может приводить к снижению у обучающихся способностей к планированию, мониторингу и оценки собственных познавательных процессов. Кроме того, часто обучающиеся демонстрируют интеллектуальную пассивность, снижение уровня креативного решения задач, некритическое принятие полученного через нейросеть контента, спад независимого анализа [17, с. 165].

В отчете Организации экономического сотрудничества и развития 2026 г. отмечается следующая закономерность: те обучающиеся, которые использовали ГИИ при выполнении заданий, показывают более высокие результаты, однако они слабо понимают материал. Исследователи связывают это с тем, что результативная работа, являющаяся одним из основных элементов обучения, может снижаться в образовательном процессе, когда обучающийся передает часть когнитивной работы ГИИ [3].

В отечественной педагогической науке подобный феномен рассматривается через понятие «иллюзии понимания», которое представляет собой когнитивное искажение, в этом случае человеку кажется, что его знания по теме глубокие, на самом деле они поверхностные [18, с. 864]. Внешне ГИИ создает грамотные и полные ответы, но использующий его обучающийся самостоятельно не ищет и не анализирует найденную информацию, не сталкивается с противоречиями и не строит собственные семантические модели [19].

Следует отметить, что в исследовании, проведенном компанией «Антиплагиат», была зафиксирована следующая тенденция: наряду с ростом ИИ-мошенничества идет на спад доля заимствований из открытых источников – с 30 до 21,7 %. Это говорит о том, что обучающиеся реже обращаются к копированию текстов, а чаще используют для написания и редактирования своих работ ГИИ [20].

Исходя из этого, следует отметить, что кроме академических рисков появляется более серьезная проблема. Как отмечают исследователи, ГИИ не способен к взаимной рефлексии и ценностной трансформации, это приводит к замене самостоятельного мышления готовыми шаблонами, вследствие чего ослабляется критическое мышление [21, с. 173].

Следует учесть еще одно существенное ограничение использования ГИИ в образовательном процессе: студенты, стремящиеся к избеганию работы, стратегически стремятся выполнять задачи с минимальным когнитивным вовлечением, отдавая приоритет эффективности, а не мастерству. Традиционно это проявляется в выборе более легких курсов или использовании поверхностных стратегий обучения, однако инструменты искусственного интеллекта могут способствовать другой форме избегания работы посредством стратегического метакогнитивного делегирования. Эта опосредованная ИИ форма избегания работы имеет серьезные последствия для вовлеченности и отчуждения студентов [22].

Результаты всех этих исследований показывают, что без грамотной педагогической поддержки ГИИ будет создавать новые формы разграничения, это означает, что обучающиеся с высокоразвитыми метакогнитивными навыками пользуются ГИИ для их усиления, а обучающиеся со слабым развитием таких навыков могут попасть в зависимость от ГИИ [23, с. 462].

Сделанный аналитический обзор позволяет определить условия, при которых встраивание ГИИ в процесс взаимодействия педагога и обучаемого будет способствовать развитию когнитивных способностей обучающихся, а не их деградации.

Одним из важных условий взаимодействия педагога и обучающегося с использованием ГИИ является включение этапа метакогнитивной рефлексии во все виды учебных заданий [24, с. 18], то есть обучающийся в процессе выполнения задания должен определиться, какую часть задания выполнит он сам, а какую – нейросеть. Такой подход делает прозрачным и педагогически контролируемым процесс когнитивной ответственности.

Второе условие относится к процессу построения системы оценивания, которая должна быть сориентирована таким образом, чтобы оценивался не только конечный результат выполнения, но и сам процесс достижения этого результата [25].

Третье условие включает системную работу по формированию ИИ-грамотности и у обучающихся, и у педагогов. Возникает такая ситуация, при которой обучающиеся увереннее ориентируются в технологических тонкостях, чем педагоги, поэтому подрывается авторитет педагога как эксперта [26].

Как показывают исследования, 89,4% будущих педагогов находятся на начальных стадиях развития ИИ-компетентности, что позволяет говорить о внесении кардинальных изменений в программы педагогического образования. Без грамотного и целенаправленного формирования ИИ-компетенции внедрение ГИИ в образовательный процесс будет сопровождаться определенными рисками [27].

## Заключение

В рамках статьи был проведен аналитический обзор, который дает возможность сделать ряд выводов по отношению к педагогическим возможностям и ограничениям генеративного искусственного интеллекта в учебном взаимодействии педагога и обучаемого.

Первое, что необходимо отметить, так это то, что ГИИ может содержать значительный педагогический потенциал, который при определенном подходе может быть реализован в таких областях деятельности, как персонализация обучения, автоматизация рутинных операций при организации педагогической деятельности, сопровождение метакогнитивной регуляции и формировании ИИ-грамотности как нового педагогического результата, который выражается в развитии навыков работы с ИИ.

Второе – вместе с возможностями существуют определенные риски, которые будут требовать грамотного педагогического внимания. Среди них следует выделить: формирование «метакогнитивной лени», ослабление эффекта освоения учебного материала при некритичном использовании ГИИ, этические проблемы и риск увеличения цифрового неравенства.

Наконец, можно предположить, что педагогический эффект ГИИ обусловлен не столько технологическими особенностями, сколько способами и методами включения его в образовательный процесс. Стратегии, определенные на мерах запрета, показывают свою неэффективность, рациональным методом внедрения является грамотный подход к разработке дидактических моделей, которые предполагают внедрение ГИИ как инструмент, увеличивающий, но не замещающий когнитивную активность обучающегося.

Внедрение ГИИ в образовательный процесс требует внесения системных изменений на нескольких уровнях: институциональном, методическом и профессиональном. Наиболее актуальными и перспективными направлениями дальнейших исследований могут быть исследования в области разработки и валидации дидактических моделей включения ГИИ в различные предметные области, а также анализ и изучение продолжительных результатов использования ГИИ на когнитивные способности обучающихся.

В результате аналитического обзора следует выделить экспериментально подтвержденные действия, которые доказывают повышение академических результатов, обоснованные гипотезы того, что ГИИ может обеспечить «массовую персонализацию».

В заключение необходимо отметить, что материала статьи будет недостаточно для разработки практических рекомендаций использования ГИИ в образовательном процессе, предложенные условия нужно апробировать и проверить в конкретных образовательных ситуациях.

## Список литературы

1. Витвицкая А. А. Генеративный искусственный интеллект как ресурс инновационного образования // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=33446 (дата обращения: 16.05.2026).

2. Жуков А. Д. Генеративный искусственный интеллект в образовательном процессе: вызовы и перспективы // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2023. № 5 (115). С. 66–75. DOI: 10.24412/1997-0803-2023-5115-66-75.

3. OECD. OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Edu-cation. Paris: OECD Publishing, 2026. 267 p. DOI: 10.1787/062a7394-en.

4. Константинова Л. В., Ворожихин В. В., Петров А. М., Титова Е. С., Штыхно Д. А. Генеративный искусственный интеллект в образовании: дискуссии и прогнозы // Открытое образование. 2023. № 27 (2). С. 36–48. DOI: 10.21686/1818-4243-2023-2-36-48.

5. Озакман О. А. Возможности применения технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе // Актуальные исследования. 2025. № 27 (262). Ч. I. С. 24–27. URL: https://apni.ru/article/12617-vozmozhnosti-primeneniya-tehnologij-iskusstvennogo-intellekta-v-obrazovatelnom-processe (дата обращения: 16.05.2026).

6. «Компьютерра» журнал о науке и технологиях. Круговорот ИИ в вузах: как ChatGPT учит и учится вместо людей. [Электронный ресурс]. URL: https://www.computerra.ru/323334/krugovorot-ii-v-vuzah-kak-chatgpt-uchit-i-uchitsya-vmesto-lyudej/ (дата обращения: 16.05.2026).

7. Государственное автономное учреждение молодежной политики Свердловской области «Региональный центр патриотического воспитания имени Героя России И. О. Родобольского». Российское общество «Знание»: две трети педагогов считают, что могут отличить текст ученика от ИИ. [Электронный ресурс]. URL: https://www.xn--b1azcy.xn--p1ai/news/rossijskoe-obshhestvo-znanie-dve-treti-pedagogov-schitayut-chto-mogut-otlichit-tekst-uchenika-ot-ii/ (дата обращения: 16.05.2026).

8. Боголепова С. В. Генеративные модели в профессиональной деятельности преподавателя иностранного языка: текущее состояние и перспективы // Вестник Томского государственного университета. 2025. № 518. С. 150–159. DOI: 10.17223/15617793/518/18.

9. Поспелова Е. А., Отоцкий П. Л., Горлачева Е. Н., Файзуллин Р. В. Генеративный искусственный интеллект в образовании: текущие тенденции и перспективы // Профессиональное образование и рынок труда. 2024. Т. 12. № 3. С. 6–21. DOI: 10.52944/PORT.2024.58.3.001.

10. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Теоретико-прикладные основания персонализированного образования: перспективы развития // Педагогическое образование в России. 2021. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoretiko-prikladnye-osnovaniya-personalizirovannogo-obrazovaniya-perspektivy-razvitiya (дата обращения: 29.04.2026).

11. Поспелова Е. А., Горлачева Е. Н., Отоцкий П. Л. Применение генеративного искусственного интеллекта в персонализации образования: восприятие студентами гуманитарных и технических специальностей // Интеграция образования. 2025. Т. 29. № 4. С. 734–752. DOI: 10.15507/1991-9468.029.202504.734-752.

12. Skillbox Media. Образование 4.0. Около 80 % учителей считают, что нейросети помогают экономить рабочее время. [Электронный ресурс]. URL: https://skillbox.ru/media/education/okolo-80-uchiteley-schitayut-chto-neyrosetipomogayut-ekonomit-rabochee-vremya/ (дата обращения: 16.05.2026).

13. Руденко Е. С., Турянская С. А. Генеративный искусственный интеллект для преподавателя: стратегии, инструменты, этика // Педагогическая перспектива. 2025. № 3 (19). С. 20–32. DOI: 10.55523/27822559_2025_3(19)_20.

14. Малаева А. В., Волкова Т. П., Глоба Т. А. Инструменты генеративного искусственного интеллекта в обучении английскому языку для специальных целей // Развитие образования. 2025. Т. 8. № 2. С. 36–45. DOI: 10.31483/r-116155. EDN: ZPMKAG. ISSN 2619-1466.

15. Мяо Ф., Холмс У. Руководство по использованию генеративного искусственного интеллекта в образовании и научных исследованиях. Париж: ЮНЕСКО, 2024. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389639. (дата обращения: 16.05.2026). ISBN 978-92-3-400077-2.

16. Абашкин В. Л. [и др.]. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник. М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.

17. Буякова К. И., Дмитриев Я. А., Иванова А. С., Фещенко А. В., Яковлева К. И. Отношение студентов и преподавателей к использованию инструментов с искусственным интеллектом в вузе // Образование и наука. 2024. № 26 (7). С. 160–193. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-7-160-193.

18. Ущеко А. В. Искусственный интеллект в образовании. Применение искусственного интеллекта для обеспечения адаптивности образования // Вестник науки. 2023. № 6 (63). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-primenenie-iskusstvennogo-intellekta-dlya-obespecheniya-adaptivnosti-obrazovaniya (дата обращения: 16.05.2026).

19. Пшихачева А. А. Возможности использования искусственного интеллекта в практике высшего образования // Общество: социология, психология, педагогика. 2023. № 4. С. 137–141. DOI: 10.24158/spp.2023.4.21.

20. Сервис «Антиплагиат». [Электронный ресурс]. URL: https://antiplagiat.ru/news/ai-2025 (дата обращения: 16.05.2026).

21. Иванченко И. С. Оценка перспектив применения искусственного интеллекта в системе высшего образования // Science for Education Today. 2023. Т. 13. № 4. С. 170–194. DOI: 10.15293/2658-6762.2304.08.

22. Dizon J. I. W. T., Mendoza N. B., Gasevic D., Ganotice F. A. Assessing AI-Driven Metacognitive Offloading: Initial Development and Validation of the Metacognitive Laziness Scale // ECNU Review of Education. 2026. № 9 (2). DOI: 10.1177/20965311261450994.

23. Camacho-Zuñiga C. Effective generative AI implementation in developing country universities. 2024 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI). P. 460–463. IEEE. DOI: 10.1109/CAI59869.2024.00093.

24. Zilberman N. N. Generative AI in Higher Education: Conditions for Supporting Students' Metacognitive Regulation // Open Education. 2026. № 30 (1). P. 15–22. DOI: 10.21686/1818-4243-2026-1-15-22.

25. Digwatch. AI is changing how Europeans work and learn. [Электронный ресурс]. URL: https://dig.watch/updates/ai-is-changing-how-europeans-work-and-learn. 2025 (дата обращения: 16.05.2026).

26. Frontiers in Education. (2025). Redefining assessment for sustainability: a reflective approach to curriculum transformation in environmental education. [Электронный ресурс]. URL: https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2025.1553999/full#2. 2025 (дата обращения: 16.05.2026).

27. Водяненко Г. Р., Щипицын В. Д., Некрасова Г. Н. Проблема формирования цифровой педагогической компетентности будущих учителей и пути ее решения средствами лабораторного практикума по искусственному интеллекту // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2025. № 12. С. 350–364. URL: http://e-koncept.ru/2025/251254.htm. 2025 (дата обращения: 16.05.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Исследование выполнено в рамках государственного задания Минпросвещения России по теме: «Разработка функциональной педагогической модели применения генеративного искусственного интеллекта в учебном взаимодействии учителя и обучающихся» (дополнительное соглашение № 073-03-2026-049/2 от 21.02.2026).

**Financing:** The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education of the Russian Federation on the topic: "Development of a functional pedagogical model for the application of generative artificial intelligence in educational interactions between teachers and students" (supplementary agreement No. 073-03-2026-049/2 dated February 21, 2026).

УДК 377.031:37.01
DOI

CC BY 4.0

# ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ АТЛЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКОЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА

**Бодюков Е. В. ORCID ID 0009-0008-1550-5294,**
**Сорокина Л. А. ORCID ID 0000-0001-6897-6147,**
**Рыбаков В. Н., Мусатова Е. Г., Климова Е. Н.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», Барнаул, Российская Федерация, e-mail: udgeen74@mail.ru*

В статье рассматриваются возможности применения средств атлетической гимнастики в образовательном процессе студентов колледжа. Разработан и внедрен метод комбинированных упражнений с лёгкими отягощениями, направленный на повышение жизненной емкости легких, улучшение функционального состояния и физического развития юношей. Цель статьи заключалась в научном обосновании и экспериментальной проверке эффективности метода комбинированных упражнений с легкими отягощениями для повышения функционального состояния и физического развития юношей. В статье приводится краткий анализ теории атлетизма. Представлен обзор научных работ, посвященных проблемам в сфере силовой подготовки людей с использованием средств атлетической гимнастики в целях улучшения морфофункционального состояния и кондиционной подготовленности. Проведение педагогического преобразующего эксперимента было организовано на репрезентативной выборочной совокупности студентов-юношей первого курса, обучающихся в университетском технологическом колледже при Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова. Основными методами исследования выступили анализ литературных источников, педагогический эксперимент, антропометрия, спирометрия, динамометрия, калиперометрия, метод индексов, методы математико-статистической обработки данных. В результате эксперимента были зарегистрированы положительные достоверные сдвиги показателей физического развития в контрольной и экспериментальной группах юношей, занимающихся атлетической гимнастикой по общепринятой методике и методике с применением комбинированных упражнений силовой направленности. Улучшение физического состояния и показателей функциональной подготовленности в экспериментальной группе можно с большой достоверностью детерминировать влиянием педагогического нововведения в учебно-тренировочный процесс в форме комбинированных силовых упражнений. Предложенные методические подходы могут быть использованы в программах физического воспитания.

**Ключевые слова: атлетическая гимнастика, силовые упражнения, физическое состояние**

# THE IMPACT OF ATHLETIC GYMNASTICS CLASSES WITH A HEALTH-IMPROVING ORIENTATION ON STUDENTS OF THE UNIVERSITY TECHNOLOGICAL COLLEGE

**Bodyukov E. V. ORCID ID 0009-0008-1550-5294,**
**Sorokina L. A. ORCID ID 0000-0001-6897-6147,**
**Rybakov V. N., Musatova E. G., Klimova E. N.**

*Federal State Budgetary Educational Institution "Altai State Technical University named after I. I. Polzunov", Barnaul, Russian Federation, e-mail: udgeen74@mail.ru*

The article discusses the possibilities of using athletic gymnastics in the educational process of college students. A method of combined exercises with light weights has been developed and implemented, aimed at increasing the vital capacity of the lungs, improving the functional state and physical development of young men. The purpose of the article was to scientifically substantiate and experimentally verify the effectiveness of the method of combined exercises with light weights to improve the functional state and physical development of young men. The article provides a brief analysis of the theory of athleticism. The review of scientific papers devoted to problems in the field of strength training of people using athletic gymnastics in order to improve morphofunctional state and conditioned fitness is presented. The pedagogical transformative experiment was conducted on a representative sample of first-year male students studying at the University College of Technology at the Altai State Technical University named after I. I. Polzunov. The main research methods were the analysis of literary sources, pedagogical experiment, anthropometry, spirometry, dynamometry, caliperometry, index method, methods of mathematical and statistical data processing. As a result of the experiment, positive significant shifts in physical development indicators were recorded in the control and experimental groups of young men engaged in athletic gymnastics according to generally accepted methods and techniques using combined strength exercises. The improvement of physical condition and indicators of functional fitness in the experimental group can be reliably determined by the influence of pedagogical innovations in the educational and training process in the form of combined strength exercises. The proposed methodological approaches can be used in physical education programs.

**Keywords: athletic gymnastics, strength exercises, physical condition**

## Введение

Атлетическая гимнастика, как форма физической активности, обладает высоким потенциалом для формирования силовых качеств и улучшения общей физической подготовленности у юношей. Исследования свидетельствуют о том, что занятия атлетической гимнастикой способствуют не только физическому, но и психологическому оздоровлению, повышая уровень уверенности, дисциплины и мотивации к занятиям спортом [1; 2, с. 5; 3]. Кроме того, растет важность изучения взаимодействия атлетизма с физиологическими показателями организма студентов, их умственной работоспособностью, искусственным интеллектом [4-6]. Однако, несмотря на потенциал данного вида физической активности, отсутствуют достаточно обоснованные научные данные о конкретных методических приёмах и их эффективности для организма студенческой молодёжи. В частности, необходимо определить, как именно различные подходы к комбинированию силовых нагрузок могут влиять на функциональное состояние и общее физическое развитие обучающихся.

Анализ литературы позволяет говорить о том, что особенности организации занятий атлетизмом со студентами могут улучшить значимые характеристики функционального, физического состояния и телосложения [7]. У молодых людей, в том числе у женщин, применяющих средства силовой подготовки, улучшается состояние скелетно-мышечной системы, оптимизируется количество минеральных и энергетических веществ при условии применения аэробных упражнений в виде плавания, бега, спортивных игр и единоборств [8-10]. Занятия силовыми упражнениями с опорой на методический принцип сопряжённости позволяют воспитывать не только физическую силу, но и гибкость, улучшать технику двигательных навыков для выполнения упражнений со снарядами [11; 12]. Выявлено, что в процессе атлетического становления людей улучшается не только их физическое состояние и силовая подготовленность, но и психологическое благополучие. Оптимизируется самочувствие, повышается самооценка и снижается уровень стресса, что особенно проявляется при индивидуализации разрабатываемых программ тренировок и хорошем материально-техническом обеспечении [13-15].

**Цель исследования** – научно обосновать и экспериментально проверить эффективность метода комбинированных упражнений с легкими отягощениями для повышения функционального состояния и физического развития юношей.

В настоящем исследовании выявлено влияние методики атлетической гимнастики, направленной на оздоровление студентов-юношей первого курса университетского технологического колледжа Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

## Материалы и методы исследования

Проведение педагогического преобразующего эксперимента было организовано на репрезентативной выборочной совокупности студентов-юношей первого курса, обучающихся в учебно-технологическом колледже при Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова. Занятия проводились в спортивном манеже вуза в зале силовой подготовки. Временные рамки были определены исходя из регламента общепринятой рабочей программы дисциплины «Физическая культура». Студенты применяли силовые и аэробные упражнения три раза в неделю в течение одного учебного года.

В эксперименте принимали участие 58 юношей в возрасте 15-17 лет, которые были разделены на контрольную (КГ; n=27) и экспериментальную (ЭГ; n=31) группы. Достаточная однородность групп была определена на основе расчётов коэффициентов вариаций.

Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе (сентябрь 2024 года – декабрь 2024 года) был выполнен анализ научно-методической литературы, а также проведён опрос студентов начальных курсов технического вуза и экспертов в области физической культуры. Результаты анкетирования и экспертной оценки стали основой для разработки содержания оздоровительных занятий для исследуемой возрастной группы. Полученные теоретические и практические данные подтверждали необходимость проведения дальнейшего эксперимента, целью которого было изучение реакции организма юношей на различные силовые упражнения.

Второй этап (сентябрь 2025 года – май 2026 года) включал преобразующий педагогический эксперимент, целью которого было выяснение влияния разработанной программы занятий атлетической гимнастикой на физиологические параметры юношей данной возрастной группы.

На третьем этапе были проведены анализ, синтез и обобщение полученных результатов, а также подготовлен текст для публикации в формате научной статьи.

Основными методами исследования выступили анализ литературных источников, педагогический эксперимент, антропометрия, спирометрия, динамометрия, калиперометрия, метод индексов, методы математико-статистической обработки данных.

## Результаты исследования и их обсуждение

Методика занятий была организована следующим образом: после 10-минутной разминки в основной части занятия студенты КГ выполняли силовые упражнения (70% от 15 ПМ), ориентированные на развитие силовой выносливости. В ЭГ первая половина основной части соответствовала КГ, а во второй половине вместо силовых упражнений использовались комбинированные упражнения с легкими отягощениями (30% от 15 ПМ), направленные на улучшение сердечно-сосудистой функции. Упражнения, основанные на методике И. В. Бельского [1] и принципах круговой тренировки, выполнялись в аэробном режиме (ЧСС 120-150 уд./мин.), с чередованием тотальных и локальных упражнений без отдыха и строго регламентированными интервалами отдыха между сериями и упражнениями. Нагрузка в недельном цикле варьировалась волнообразно, что способствовало повышению моторной плотности: во второй половине занятия в ЭГ она достигала 70%, тогда как в КГ – 50%.

Анализ антропометрических показателей показал положительную динамику физического развития в обеих группах. В ЭГ были зафиксированы достоверные улучшения по большинству параметров, за исключением обхвата плеч, голеней и талии (табл. 1).

В КГ также наблюдалась положительная динамика, но она была менее выраженной для ряда показателей. Прирост массы тела, изменение индекса Кетле и обхватных размеров оказались статистически недостоверными (табл. 2).

Сравнительный анализ итоговых данных показал, что, несмотря на отсутствие достоверных различий в большинстве антропометрических показателей, в ЭГ были отмечены значимо меньшие данные обхвата грудной клетки и достоверно более высокие показатели жизненной ёмкости легких (ЖЁЛ). Калиперометрические значения показали, что межгрупповое различие по кожно-жировым складкам недостоверно (табл. 3).

**Таблица 1**

Показатели физического развития юношей экспериментальной группы (M±m)

| Показатели | | В начале эксперимента | В конце эксперимента | P |
|---|---|---|---|---|
| Масса тела, кг | | 67,4 ± 0,41 | 70,2 ± 0,44 | < 0,05 |
| Индекс Кетле, г/см | | 402 ± 2,3 | 419 ± 2,36 | < 0,05 |
| Обхват грудной клетки в паузе, см | | 96,2 ± 0,45 | 99,5 ± 0,49 | < 0,05 |
| Экскурсия, см | | 5,4 ± 0,09 | 6,4 ± 0,13 | < 0,05 |
| Обхват, см | плеча | 33,9 ± 0,28 | 34,5 ± 0,31 | > 0,05 |
| | бедра | 60,8 ± 0,3 | 62,5 ± 0,31 | < 0,05 |
| | голени | 39,2 ± 0,2 | 39,5 ± 0,2 | > 0,05 |
| | талии | 85,5 ± 0,8 | 83,1 ± 0,77 | > 0,05 |
| Фактическая ЖЁЛ, мл | | 2883 ± 13,38 | 3343 ± 13,36 | < 0,05 |
| Процентное отношение фактической ЖЁЛ к должной | | 87,5 ± 0,47 | 103,7 ± 0,35 | < 0,05 |
| Показатель относительной ЖЁЛ, мл/кг | | 41,06 ± 0,62 | 49,6 ± 0,58 | < 0,05 |
| Динамометрия, кг | а) правая кисть | 19,3 ± 0,35 | 20,9 ± 0,34 | < 0,05 |
| | б) левая кисть | 17,9 ± 0,32 | 19,8 ± 0,32 | < 0,05 |
| | в) становая | 49,6 ± 0,75 | 53,4 ± 0,66 | < 0,05 |
| Калиперометрия, мм (сумма толщины пяти кожно-жировых складок) | | 85,5 ± 0,70 | 80,9 ± 0,59 | < 0,05 |

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 2**

Показатели физического развития юношей контрольной группы (M±m)

| Показатели | | В начале эксперимента | В конце эксперимента | P |
|---|---|---|---|---|
| Масса тела, кг | | 68,3 ± 0,4 | 69,8 ± 0,45 | > 0,05 |
| Индекс Кетле, г/см | | 408 ± 2,45 | 418 ± 2,4 | > 0,05 |
| Обхват грудной клетки в паузе, см | | 98,9 ± 0,46 | 100,1 ± 0,48 | > 0,05 |
| Экскурсия, см | | 5,0 ± 0,09 | 6,4 ± 0,13 | < 0,05 |
| Обхват, см | плеча | 34,1 ± 0,29 | 34,8 ± 0,32 | > 0,05 |
| | бедра | 62,0 ± 0,3 | 63,1 ± 0,31 | > 0,05 |
| | голени | 39,1 ± 0,19 | 39,4 ± 0,21 | > 0,05 |
| | талии | 84,9 ± 0,82 | 84,2 ± 0,59 | > 0,05 |
| Фактическая ЖЁЛ, мл | | 2921 ± 13,73 | 3152 ± 12,98 | < 0,05 |
| Процентное отношение фактической ЖЁЛ к должной | | 88,6 ± 0,47 | 97,04 ± 0,49 | < 0,05 |
| Показатель относительной ЖЁЛ, мл/кг | | 41,85 ± 0,62 | 46,1 ± 0,57 | < 0,05 |
| Динамометрия, кг | а) правая кисть | 18,9 ± 0,35 | 21,2 ± 0,34 | < 0,05 |
| | б) левая кисть | 18,1 ± 0,32 | 20,1 ± 0,39 | < 0,05 |
| | в) становая | 48,9 ± 0,72 | 55,3 ± 0,69 | < 0,05 |
| Калиперометрия, мм (сумма толщины пяти кожно-жировых складок) | | 86,1 ± 0,71 | 81,2 ± 0,69 | < 0,05 |

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

**Таблица 3**

Показатели физического развития юношей контрольной и экспериментальной группы (M±m)

| Показатели | | Контрольная группа | Экспериментальная группа | P |
|---|---|---|---|---|
| Масса тела, кг | | 69,8 ± 0,45 | 70,2 ± 0,44 | > 0,05 |
| Индекс Кетле, г/см | | 418 ± 2,4 | 419 ± 2,36 | > 0,05 |
| Обхват грудной клетки в паузе, см | | 100,1 ± 0,48 | 99,5 ± 0,49 | < 0,05 |
| Экскурсия, см | | 6,4 ± 0,13 | 6,4 ± 0,13 | - |
| Обхват, см | плеча | 34,8 ± 0,32 | 34,5 ± 0,31 | > 0,05 |
| | бедра | 63,1 ± 0,31 | 62,5 ± 0,31 | > 0,05 |
| | голени | 39,4 ± 0,21 | 39,5 ± 0,2 | > 0,05 |
| | талии | 84,2 ± 0,59 | 83,1 ± 0,77 | > 0,05 |
| Фактическая ЖЁЛ, мл | | 3152 ± 12,98 | 3343 ± 13,36 | < 0,05 |
| Процентное отношение фактической ЖЁЛ к должной | | 97,04 ± 0,49 | 103,7 ± 0,35 | < 0,05 |
| Показатель относительной ЖЁЛ, мл/кг | | 46,1 ± 0,57 | 49,6 ± 0,58 | < 0,05 |
| Динамометрия, кг | а) правая кисть | 21,2 ± 0,34 | 20,9 ± 0,34 | > 0,05 |
| | б) левая кисть | 20,1 ± 0,39 | 19,8 ± 0,32 | > 0,05 |
| | в) становая | 55,3 ± 0,69 | 53,4 ± 0,66 | > 0,05 |
| Калиперометрия, мм (сумма толщины пяти кожно-жировых складок) | | 81,2 ± 0,69 | 80,9 ± 0,59 | > 0,05 |

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

## Заключение

Эксперимент подтверждает эффективность предложенной методики атлетической гимнастики, которая включает как силовые, так и аэробные специальные квазисиловые упражнения, для улучшения физического состояния студентов-юношей. Участники экспериментальной группы (ЭГ), использовавшие комбинированные методы тренировки, показали значительные улучшения в антропометрических показателях, что свидетельствует о положительном влиянии на физическое развитие. Методика, сочетающая силовые (70% от 15 ПМ) и специфические аэробные (30% от 15 ПМ) нагрузки, не только способствует улучшению силовых характеристик, но также значительно повышает выносливость.

Анализ теории, наблюдения и опыт дают основания утверждать, что для достижения устойчивого оздоровительного эффекта начинающим рекомендуется заниматься не реже трех раз в неделю через однодневные интервалы отдыха, что обеспечивает необходимую нагрузку и время для адаптации организма.

Предложенные методические подходы могут быть использованы в программах физического воспитания и спортивной подготовки юношей с ориентацией на их здоровье, физическое развитие и общую физическую подготовленность.

Таким образом, исследование демонстрирует значимость метода комбинированных силовых упражнений аэробной направленности, их большую роль в повышении оздоровительный эффективности занятий атлетической гимнастикой.

## Список литературы

1. Бельский И. В. Теоретико-методические основы специальной силовой подготовки высококвалифицированных спортсменов в атлетических видах спорта : автореф. дис. … докт пед. наук. Минск, 2000. URL: https://nauka-pedagogika.com/pedagogika-13-00-04/dissertaciya-teoretiko-metodicheskie-osnovy-spetsialnoy-silovoy-podgotovki-vysokokvalifitsirovannyh-sportsmenov-v-atleticheskih-vidah- (дата обращения: 18.02.2026).

2. Бодюков Е. В., Юров В. В. Физическое воспитание в форме атлетической гимнастики: монография. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. 180 с. ISBN 978-5-7568-1151-3.

3. Спирин Д. А., Буркова В. Н. Авторитетность, агрессия и разрешение конфликтов в сообществе посетителей спортивных залов // Вопросы психологии. 2022. Т. 68, № 2. С. 147-158. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49515786 (дата обращения: 24.02.2026).

4. Бочкарева С. И., Высоцкая Т. П., Шутова Т. Н., Голубничий С. П. Профилактика нарушений осанки средствами атлетической гимнастики у студенток вузов // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 1. С. 180–186. DOI: 10.14529/hsm230124. URL: https://hsm.susu.ru/hsm/ru/article/view/2034 (дата обращения: 24.02.2026).

5. Лубышев Е. А., Шутова Т. Н., Бодров И. М., Высоцкая Т. П. Индивидуально-ориентированное физическое воспитание студентов с использованием средств силовой тренировки // Теория и практика физической культуры. 2024. № 7. С. 67–69. URL: http://www.teoriya.ru/ru/node/18922 (дата обращения: 24.02.2026).

6. Щербин Д. В., Третьяков А. А., Путилина В. Ю., Шилова М. В. Оптимизация тренировок любителей атлетической гимнастики на основе искусственного интеллекта // Теория и практика физической культуры. 2025. № 2. С. 95–97. URL: https://www.teoriya.ru/en/node/20024 (дата обращения: 24.02.2026).

7. Богданов О. А., Комиссарова Е. Н., Ципин Л. Л., Самсонова А. В. Влияние телосложения на физическую подготовленность студентов педагогического вуза // Теория и практика физической культуры. 2022. № 7. С. 26–28. URL: http://www.teoriya.ru/ru/node/15893 (дата обращения: 24.02.2026).

8. Говорухина А. А., Муштай К. А. Влияние спортивной специализации на компонентный состав массы тела и антропометрические параметры девушек-студенток высшего педагогического учебного заведения // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20, № 4. С. 31–39. DOI: 10.14529/hsm200403. URL: https://hsm.susu.ru/hsm/article/download/1116/368/ (дата обращения: 24.02.2026).

9. Лобастова К. Ю., Кокорева Е. Г., Комельков С. А. Биомеханическое исследование си-ловых способностей с помощью Biodex System 4Pro студенток, занимающихся TRX-фитнесом, в течение двух лет обучения // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21, № S2. С. 53–60. DOI: 10.14529/hsm21s207. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47941426 (дата обращения: 24.02.2026).

10. Хафизова А. А. Идеалы телесной красоты и временная динамика соматических показателей современной молодежи // Вестник антропологии. 2021. № 3. С. 161–182. DOI: 10.33876/2311-0546/2021-3/161-182. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46821959 (дата обращения: 24.02.2026).

11. Васильева А. А. Соотношение длины ноги и длины тела человека как индекс риска увеличения доли жировой массы тела (на примере выборки чувашей Ядринского района Чувашии) // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2025. № 4. С. 56–67. DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-4-5. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=86768931 (дата обращения: 24.02.2026).

12. Головской Б. В., Берг М. Д., Булатова И. А., Воронова Е. И., Ховаева Я. Б. Мышечная система в поддержании здоровья и профилактике хронических неинфекционных заболеваний // Пермский медицинский журнал. 2021. Т. 38, № 1. С. 72–86. DOI: 10.17816/pmj38172-86. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44804002 (дата обращения: 24.02.2026).

13. Берестяная А. Н., Филиппова С. Н., Корнилов А. Н., Орешков А. П., Горелик В. В. Психологическое сопровождение молодых спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике // Спортивная медицина: наука и практика. 2022. Т. 12, № 3. С. 84–91. DOI: 10.47529/2223-2524.2022.3.7. URL: https://www.smjournal.ru/jour/article/view/443 (дата обращения: 24.02.2026).

14. Старкова В. А., Леонова А. В., Шестёра А. А., Кику П. Ф., Каерова Е. В., Чумаш В. В. Особенности физического развития современных студентов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. Т. 30, № 4. С. 574–579. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-4-574-579. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49297482 (дата обращения: 24.02.2026).

15. Моисеев С. А., Белова Я. М., Кайсин А. С. К вопросу о готовности юношей допри-зывного возраста к службе в армии // Вестник Томского государственного универси-тета. 2023. № 497. С. 163–169. DOI: 10.17223/15617793/497/17. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65672478 (дата обращения: 24.02.2026).

**Конфликт интересов:** Конфликт интересов отсутствует.

**Conflict of interest:** There is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.