



ИД «Академия Естествознания»

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

№ 1 2026

MODERN HIGH TECHNOLOGIES

Scientific journal

No. 1 2026



PH Academy of Natural History

Современные научноемкие 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.

«Современные научноемкие 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

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.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. *Баев 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. *Ширяев Д.Ш.* (Улан-Удэ); д.т.н., проф. *Шишкин 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»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru **Телефон** +7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

30.01.2026 **Дата выхода номера** 27.02.2026

Формат

60x90 1/8 **Усл. печ. л.** 20

Тираж

1000 экз. **Заказ** СНТ 2026/1

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.

"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.

Technical editor

Doronkina E.N.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

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		
	410035, Saratov, st. Mamontova, 5		
E-mail	edition@rae.ru	Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	30.01.2026	Number issue date	27.02.2026
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	20
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2026/1

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

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ПОСТРОЕНИЯ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ С УЧЕТОМ АТМОСФЕРЫ И НЕСФЕРИЧНОСТИ ЗЕМЛИ <i>Алдохина В.Н., Королев В.О.</i>	8
АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ <i>Афонин А.Н., Шеметова О.М., Нестерова Е.В., Удовенко И.В., Федорова Н.В., Федоров В.И.</i>	14
АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СВАРОЧНЫХ ТРАЕКТОРИЙ <i>Выборнов И.И., Пиотровский Д.Л.</i>	21
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» № СС42049 ЛЕВОЙ ОПОРЫ ШНЕКА ПОДБОРЩИКА КОРМОУБОРОЧНОГО П3000 ИЗ ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ <i>Егоров М.С., Егорова Р.В.</i>	30
ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ НА ВОДОПРОНИЦАЕМОМ НАКЛОННОМ ОСНОВАНИИ <i>Качаев А.Е., Хитров Я.И., Сорока В.В.</i>	37
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СОВМЕСТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ГЕОПОРТАЛА <i>Климонов М.С.</i>	44
РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА <i>Коломыченко А.А., Коськин А.В.</i>	51
ПРИМЕНЕНИЕ ТРИЖДЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ МИНИМАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА <i>Мустафин Р.М., Зинина С.А., Кузнецов И.Е.</i>	59
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ <i>Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Смирнов А.Н., Королев М.К.</i>	64
ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕКСТОВЫХ ДРАЙВЕРОВ ВОВЛЕЧЕННОСТИ АУДИТОРИИ БРЕНДА В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА НА ОСНОВЕ ГРАФО-РЕГУЛЯРИЗОВАННОГО ПОДХОДА <i>Родионов Д.Г., Поляков П.А., Конников Е.А., Старченкова О.Д.</i>	73
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РОЛИКОВЫХ ОПОР ДЛЯ ОПОРНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ КОЛЕЦ <i>Сердюков Н.Д., Носенко В.А., Чирков В.П., Кузнецов С.П.</i>	80

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

СТАТЬИ

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ИНЖЕНЕРНОГО ВУЗА В ОТРАСЛЕВОМ КЛАСТЕРЕ <i>Горшкова О.О.</i>	85
ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПЕДАГОГОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ <i>Груздева М.Л., Черней О.Т., Щеглова А.А.</i>	91
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО В ЦЕНТРАХ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СТРАНАХ ЮГА АФРИКИ <i>Егоров К.Б., Захарова В.А.</i>	97
ОЦЕНКА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ <i>Капкаева Л.С., Сальникова А.С.</i>	106
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ СТУДЕНЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВУЗА <i>Коротков С.Г., Севастьянова Е.О.</i>	116
ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ СТУДЕНТОВ ВУЗА К ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ СЛУЖЕНИЮ <i>Лежнева Н.В., Осипенко С.А., Нужнова С.В.</i>	122
РАЗВИТИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ТРЕБОВАТЕЛЬНОСТИ КАК КЛЮЧЕВОЙ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Литвин А.В., Пермяков А.Ф., Ушачева Е.В.</i>	127
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ НАСТОЛЬНЫХ ИГР <i>Миннахметова В.А., Мехеева А.Е., Сафиуллина З.И.</i>	132
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДЕФИЦИТОВ СОВЕТНИКОВ ДИРЕКТОРА ПО ВОСПИТАНИЮ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНА <i>Няясова И.А., Винокурова Н.В., Приходченко Т.Н.</i>	140
ДИАЛОГ КАК СПОСОБ ПРЕОДОЛЕНИЯ КОММУНИКАТИВНЫХ РАЗРЫВОВ В МУЛЬТИКУЛЬТУРНЫХ СТУДЕНЧЕСКИХ ГРУППАХ <i>Слепнева Е.В.</i>	146
ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗУМНОСТЬ И ТОЛЕРАНТНОСТЬ К НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ У СТУДЕНТОВ <i>Сунько Т.Ю.</i>	154

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 VIRTUAL DEVICE FOR CONSTRUCTING THE ORBIT OF AN ARTIFICIAL EARTH SATELLITE, TAKING INTO ACCOUNT THE ATMOSPHERE AND THE NON-SPHERICITY OF THE EARTH <i>Aldokhina V.N., Korolev V.O.</i>	8
AUTONOMOUS POWER SUPPLIES FOR WIRELESS SENSOR NETWORK NODES IN MECHANICAL ENGINEERING <i>Afonin A.N., Shemetova O.M., Nesterova E.V., Udovenko I.V., Fedorova N.V., Fedorov V.I.</i>	14
ADAPTIVE CONTROL OF THE MANIPULATOR'S MOVEMENT WHEN EXECUTING WELDING TRAJECTORIES <i>Vybornov I.I., Piotrovskiy D.L.</i>	21
MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THE "SLEEVE" PART NO.SS42049 OF THE LEFT SCREW SUPPORT OF THE FORAGE PICKER P3000 MADE OF POWDER STEEL <i>Egorov M.S., Egorova R.V.</i>	30
VERIFICATION OF NUMERICAL MODELING RESULTS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF AN EARTH DAM ON A PERMEABLE INCLINED FOUNDATION <i>Kachaev A.E., Khitrov Ya.I., Soroka V.V.</i>	37
APPLICATION OF COLLABORATIVE FILTERING METHODS IN THE RECOMMENDER SYSTEM OF THE GEOPORTAL <i>Klimonov M.S.</i>	44
IMPLEMENTATION OF A METHOD OF ADAPTIVE CONTROL OF THE DESIGN PROCESS OF HEAT-GENERATING INSTALLATIONS BASED ON THE ORGANIC RANKINE CYCLE <i>Kolomychenko A.A., Koskin A.V.</i>	51
APPLICATION OF THREE TIMES PERIODIC MINIMUM SURFACES AS CATALYST FOR METHANE STEAM CONVERSION <i>Mustafin R.M., Zinina S.A., Kuznetsov I.E.</i>	59
ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR THE DEVELOPMENT OF STEEPLY INCLUDED COAL SEAMS <i>Nikitenko S.M., Goosen E.V., Smirnov A.N., Korolev M.K.</i>	64
IDENTIFYING TEXTUAL DRIVERS OF BRAND AUDIENCE ENGAGEMENT IN SOCIAL MEDIA BASED ON A GRAPH- REGULARIZED APPROACH <i>Rodionov D.G., Polyakov P.A., Konnikov E.A., Starchenkova O.D.</i>	73
RESULTS OF PRACTICAL TESTS OF ROLLER BEARINGS FOR SUPPORT AND GUIDE RINGS <i>Serdyukov N.D., Nosenko V.A., Chirikov V.P., Kunetsov S.P.</i>	80

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

ARTICLES

FORMATION OF RESEARCH COMPETENCIES OF AN ENGINEERING GRADUATE IN AN INDUSTRY CLUSTER <i>Gorshkova O.O.</i>	85
FORMATION OF A MOTIVATIONAL ENVIRONMENT FOR TEACHERS OF ADDITIONAL EDUCATION FOR CHILDREN <i>Gruzdeva M.L., Cherney O.T., Scheglova A.A.</i>	91
ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL LITERACY IN THE STUDY OF RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE IN OPEN EDUCATION CENTERS IN SOUTHERN AFRICA <i>Egorov K.B., Zakharova V.A.</i>	97
ASSESSMENT OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF RESEARCH SKILLS OF SENIOR SCHOOL STUDENTS IN THE PROCESS OF SOLVING NON-STANDARD MATHEMATICAL PROBLEMS <i>Kapkaeva L.S., Salnikova A.S.</i>	106
DEVELOPING STUDENTS' PROJECT-BASED TECHNOLOGICAL THINKING WITHIN THE FRAMEWORK OF A STUDENT DESIGN BUREAU BASED ON THE UNIVERSITY'S DIGITAL LABORATORY <i>Korotkov S.G., Sevastyanova E.O.</i>	116
PSYCHOLOGICAL PREPAREDNESS OF UNIVERSITY STUDENTS FOR PROFESSIONAL SERVICE <i>Lezhneva N.B., Osipenko S.A., Nuzhnova S.V.</i>	122
DEVELOPING CONSTRUCTIVE DEMANDINGNESS AS A KEY MANAGERIAL COMPETENCY FOR LEADERS OF A SCIENTIFIC IN HIGH-TECHNOLOGY ENTERPRISE <i>Litvin A.V., Permyakov A.F., Ushacheva E.V.</i>	127
PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR DEVELOPING COGNITIVE UNIVERSAL LEARNING ACTIVITIES IN STUDENTS THROUGH BOARD GAMES <i>Minnakhmetova V.A., Mekheeva A.E., Safiullina Z.I.</i>	132
RESULTS OF DIAGNOSTICS OF PROFESSIONAL DEFICITS OF ADVISORS TO THE EDUCATIONAL DIRECTOR IN REGIONAL CONDITIONS <i>Neyasova I.A., Vinokurova N.V., Prikhodchenko T.N.</i>	140
DIALOGUE AS A WAY TO OVERCOME COMMUNICATION GAPS IN MULTICULTURAL STUDENT GROUPS <i>Slepneva E.V.</i>	146
PSYCHOLOGICAL SENSITIVITY AND TOLERANCE OF UNCERTAINTY IN STUDENTS <i>Sunko T.Yu.</i>	154

СТАТЬИ

УДК 004.942

DOI 10.17513/snt.40642

**ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ПОСТРОЕНИЯ ОРБИТЫ
ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ
С УЧЕТОМ АТМОСФЕРЫ И НЕСФЕРИЧНОСТИ ЗЕМЛИ**

Алдохина В.Н., Королев В.О.

*Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение
высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»
Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург,
Российская Федерация, e-mail: vadimaj1970@yandex.ru*

Имитационное обучение позволяет анализировать, тестировать и оптимизировать системы в виртуальной среде без необходимости проведения реальных экспериментов. В работе приведен краткий обзор популярных программ, позволяющих осуществлять имитационное моделирование движения искусственных спутников Земли. Цель исследования – разработать трехмерную модель движения искусственных спутников вокруг Земли, принимая во внимание форму планеты и атмосферные воздействия, и оценить эффективность ее применения в образовательном процессе. Модель реализована в виде виртуального прибора с использованием графического языка программирования. Моделируется орбита возмущенного движения спутника с учетом несферичности Земли и влияния атмосферы. Описаны рабочая область и интерфейс программы. Для улучшения наглядности реализована функция искусственного, искаженного усиления влияния возмущающих факторов на движение спутника. Приведен пример реализации программы. Виртуальный прибор решает вопрос наглядности обучения при изучении теоретических основ движения спутников в околоземном космическом пространстве. Позволяет моделировать траекторию невозмущенного и возмущенного движения искусственного спутника вокруг Земли, анализировать зависимости размеров, формы и ориентации орбиты от значений ее элементов и параметров спутника, учитывать влияния несферичности и атмосферы Земли на движение спутника. Программа предназначена для использования обучающимися и преподавателями в очном и дистанционном режимах обучения.

Ключевые слова: искусственный спутник Земли, орбита, возмущенное движение, элементы орбиты

**A VIRTUAL DEVICE FOR CONSTRUCTING THE ORBIT
OF AN ARTIFICIAL EARTH SATELLITE, TAKING INTO ACCOUNT
THE ATMOSPHERE AND THE NON-SPHERICITY OF THE EARTH**

Aldokhina V.N., Korolev V.O.

*Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education
“Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky” of the Ministry of Defense
of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation,
e-mail: vadimaj1970@yandex.ru*

Simulation learning allows you to analyze, test, and optimize systems in a virtual environment without the need for real experiments. The paper provides a brief overview of popular programs that allow for the simulation of the movement of artificial Earth satellites. The aim of the study is to develop a three-dimensional model of the motion of artificial satellites around the Earth, taking into account the shape of the planet and atmospheric effects, and to evaluate the effectiveness of its application in the educational process. The model is implemented as a virtual instrument using a graphical programming language. The orbit of the disturbed motion of the satellite is modeled taking into account the non-sphericity of the Earth and the influence of the atmosphere. The program's workspace and interface are described. To improve clarity, an artificial, distorted amplification function for the influence of disturbing factors is implemented. An example of program implementation is provided. The virtual instrument solves the problem of visualization of training when studying the theoretical foundations of the movement of satellites in near-Earth space. It allows one to simulate the trajectory of the undisturbed and disturbed motion of an artificial satellite around the Earth, to analyze the dependence of the size, shape and orientation of the orbit on the values of its elements and the parameters of the satellite, and to take into account the influence of the non-sphericity and the Earth's atmosphere on the motion of the satellite. The program is intended for use by students and teachers in both in-person and distance learning modes.

Keywords: artificial Earth satellite, orbit, disturbed motion, orbital elements

Введение

Применение имитационных компьютерных моделей в образовательном процессе представляет собой значимое направление для улучшения качества современного обучения в различных сферах [1–3]. Имитационные модели позволяют обучающимся

экспериментировать с различными сценариями в виртуальной среде, что способствует более глубокому пониманию теоретических концепций. Учащиеся могут работать в собственном темпе, повторять сложные ситуации и получать обратную связь. Имитационные модели требуют анализа ситуа-

ции, принятия решений и оценки последствий, тем самым развивая аналитические и когнитивные навыки. Использование таких моделей способствует внедрению инновационных методов обучения, повышая мотивацию и интерес обучающихся.

Для моделирования и визуализации траектории движения искусственных спутников Земли (ИСЗ) в околоземном космическом пространстве (ОКП) существует множество программных средств, включая бесплатные. Эти программы широко используются в образовательных, научных и профессиональных целях для анализа орбит, планирования запусков и обучения. Приведем некоторые примеры популярных бесплатных программ для моделирования движения ИСЗ.

Orbitron предназначен для визуализации орбит спутников в реальном времени. Позволяет отслеживать известные спутники и космические аппараты. Подходит для образовательных целей и любительских наблюдений.

Stellarium является виртуальным планетарием. С его помощью можно моделировать орбиты спутников и наблюдать их движение на небесной сфере.

Celestia – 3D-симулятор космоса. Позволяет исследовать космос, включая орбиты спутников, планет и звездных систем.

GMAT (General Mission Analysis Tool) – профессиональный инструмент для анализа и планирования космических миссий. Мощная платформа с открытым исходным кодом предназначена для моделирования орбит, траекторий и миссий.

Orekit является библиотекой для моделирования орбит, навигации и космических миссий. Программная библиотека на Java подходит для разработки собственных приложений и учебных проектов.

NASA WorldWind – виртуальный глобус для визуализации спутниковых данных и орбит. Имеется интеграция с различными данными NASA, возможность отображения орбит и траекторий.

Эти и другие похожие по назначению программы позволяют визуализировать движение спутников, понять принципы орбитальной механики, помогают планировать и моделировать космические миссии, развивают навыки работы с космическими системами и программным обеспечением. Однако все вышеперечисленные программные продукты требуют определенной квалификации и базовых знаний в области космической механики, программирования и работы с специализированным программным обеспечением. Также в условиях санкций и ограничений доступ к некоторым

коммерческим или закрытым решениям может быть затруднен или невозможен.

Альтернативным подходом является разработка собственных учебных моделей [4; 5]. Для образовательных целей и в условиях ограничений важно выбирать инструменты, которые просты в использовании, не требуют глубоких технических знаний, доступны без ограничений по лицензиям или санкциям. Модель невозмущенного движения разработана авторами в [6; 7].

Цель исследования – разработать трехмерную модель движения искусственных спутников вокруг Земли, принимая во внимание форму планеты и атмосферные воздействия, и оценить эффективность ее применения в образовательном процессе.

Материалы и методы исследования

Математические методы, используемые для построения модели, изложены, например, в [8, с. 62–66; 9, с. 18–27]. Идеальное (невозмущенное) движение спутника в геоцентрической инерциальной системе координат описывается уравнением

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\mu \cdot \frac{\vec{r}}{r^3},$$

где $\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ – радиус-вектор спутника относительно центра Земли;

$\mu = GM$ – гравитационная постоянная G умноженная на массу Земли M ,
 $\mu \approx 39,89 \cdot 10^4 \text{ км}^3/\text{с}^2$

Моделирование движения спутника в случае невозмущенного движения сводится к вычислению набора $(x_j, y_j, z_j)^T$ точек эллиптической орбиты, $j = 0..N$, и вычислению моментов времени t_j прохождения ИСЗ через каждую точку.

В невозмущенном движении предполагается, что спутник движется под действием только силы всемирного тяготения Земли, а сама Земля – идеальная сферическая и однородная. Уравнения движения сводятся к классическим законам Кеплера и позволяют точно описывать орбиту в течение короткого времени, когда возмущения не успевают существенно изменить орбиту, или на больших высотах с высотой полета более 36 тыс. км.

Для длительного моделирования движения спутников необходимо учитывать несферичность Земли, атмосферное сопротивление, а также гравитационные возмущения от Луны и Солнца и другие геофизические факторы.

Для учета возмущений в уравнение движения спутника вводится дополнительный вектор \vec{F}_a возмущающей силы

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\mu \cdot \frac{\vec{r}}{r^3} + \vec{F}_a.$$

В данной работе для учета возмущений при движении искусственного спутника используется метод вариационных элементов [10, с. 340–348], основанный на предположении, что элементы орбиты являются функциями времени и изменяются под воздействием возмущающих сил.

Другими словами, вместо того, чтобы считать орбиту постоянной, этот метод предполагает, что параметры орбиты (размер, форма и ориентация) меняются со временем под действием различных воздействий, таких как гравитационные возмущения других тел или неидеальности в модели. То есть параметры орбиты – это не фиксированные числа, а функции времени.

Скорости векового изменения обусловленные *наличием атмосферы* являются наибольшими для большой полуоси a и эксцентриситета e . Их изменение можно описать дифференциальными уравнениями

$$\frac{da}{dE} = -2b\rho a^2 \sqrt{\frac{(1+e\cos E)^3}{1-e\cos E}} \left(1-d\frac{1-e\cos E}{1+e\cos E}\right)^2,$$

$$\frac{de}{dE} = -2ba(1-e^2) \sqrt{\frac{1+e\cos E}{1-e\cos E}} \left(1-d\frac{1-e\cos E}{1+e\cos E}\right) \cdot \left(\cos E - \frac{d(1-e\cos E)(2\cos E - e - e\cos^2 E)}{2(1-e^2)}\right),$$

где

$$b = \frac{C_D A}{2m}, \quad d = \left(\frac{\omega_z}{n}\right) \sqrt{1-e^2} \cos i,$$

ρ – плотность атмосферы, E – эксцентрисетическая аномалия, ω_z – угловая скорость вращения Земли, m – масса спутника, A – мидель (площадь наибольшего поперечного сечения) спутника, определяющая коэффициент C_D , $n = 2\pi / T$ – средняя угловая скорость спутника.

Плотность атмосферы ρ является функцией высоты полета [11; 12], но, с другой стороны, высота полета зависит от значения эксцентрисетической аномалии, так что можно считать, что $\rho = \rho(E)$.

Положим, что известна опорная орбита. Эта опорная орбита определяется как Кеплерова (идеальная) орбита. Разделим орбиту, начиная от перигея, на N интервалов по эксцентрисетической аномалии. В каждом интервале можно определить

$$\left(\frac{da}{dE}\right)_j, \left(\frac{de}{dE}\right)_j, j = 0..N.$$

Приращения за оборот будут равны

$$\Delta a = \int_0^{2\pi} \sum_{j=0}^N \left(\frac{da}{dE}\right)_j dE,$$

$$\Delta e = \int_0^{2\pi} \sum_{j=0}^N \left(\frac{de}{dE}\right)_j dE.$$

Наибольшее влияние на долгосрочные изменения орбитальных элементов оказывает несферическая форма планеты, особенно по отношению к вековой (долгосрочной) прецессии двух ключевых параметров: долготы восходящего узла Ω и аргумента перигея ω . Чтобы определить, как изменятся эти параметры за время t , можно использовать следующие приближенные формулы:

$$\Delta\Omega = -J \left(\frac{R_\oplus}{a}\right)^2 \frac{2\pi t \cos i}{T(1-e^2)^2},$$

$$\Delta\omega = 0.5J \left(\frac{R_\oplus}{a}\right)^2 \frac{2\pi t (5\cos^2 i - 1)}{T(1-e^2)^2},$$

где $J = 0,001624$, T – период обращения спутника вокруг Земли.

Тогда за один оборот изменение элементов составит

$$\Delta\Omega_T = -J \left(\frac{R_\oplus}{a}\right)^2 \frac{2\pi \cos i}{(1-e^2)^2},$$

$$\Delta\omega_T = 0.5J \left(\frac{R_\oplus}{a}\right)^2 \frac{2\pi (5\cos^2 i - 1)}{(1-e^2)^2}.$$

Возмущения, обусловленные *сопротивлением атмосферы*, для низкоорбитальных спутников также являются преобладающими.

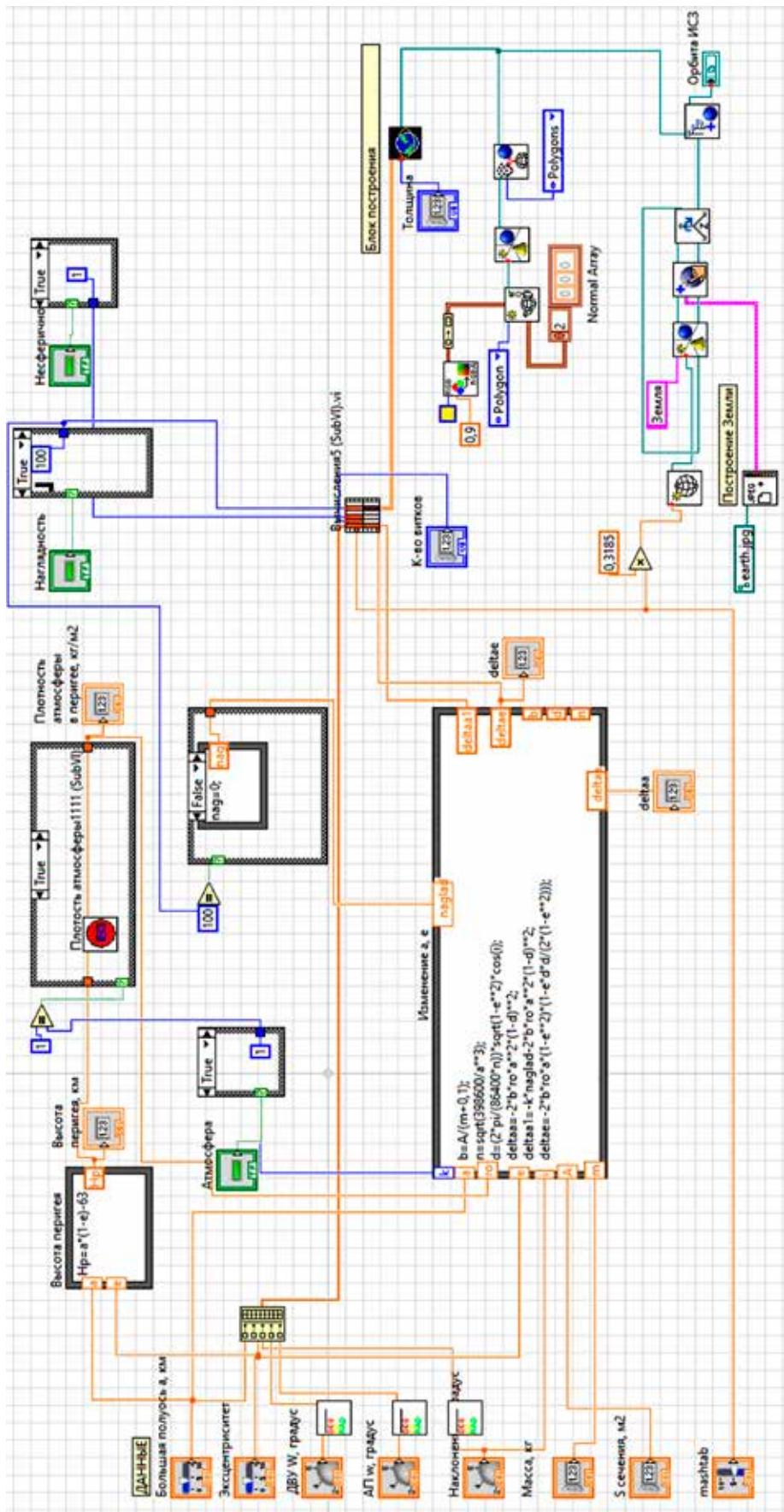


Рис. 1. Рабочая область ВП
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Итак, для моделирования возмущенного движения спутника необходимо уточнять полные вековые изменения значений элементов орбиты на каждом обороте движения спутника.

Результаты исследования и их обсуждение

Модель реализована в виде виртуального прибора (ВП) с использованием графического языка программирования G, входящего в состав среды разработки LabVIEW. Среда программирования LabVIEW находит свое применение при программировании различных технических и технологических процессов [13–15].

На рис. 1 представлена рабочая область ВП, которая организована в виде набора взаимосвязанных кластеров. Левая часть схемы отведена под входные данные – элементы орбиты, параметры моделирования и настройки среды. Центральный блок прибора содержит алгоритмы построения орбиты, вычислений и визуализации, а также модули вывода данных в реальном времени. Для передачи данных между блоками используются проводники (wire), обеспечивающие синхронизацию и правильный порядок обработки информации.

Такое структурное разделение улучшает читаемость и модульность кода, облегчает отладку и дальнейшее расширение функциональности программы. Кроме того, визуальный подход в LabVIEW дает возможность наглядно проследить поток данных и логику работы модели, что особенно важно при обучении и демонстрации сложных орбитальных процессов.

Интерфейс разработанного ВП представлен на рис. 2. Параметры опорной орбиты задаются с помощью управляемых элементов – ползунков и ручек – в левой части экрана. Характеристики космического объекта определяют его масса и мидель (наибольшая площадь сечения). В нижней части экрана выводятся результаты: высоты перигея, плотности атмосферы в перигее, изменения большой полуоси, эксцентриситета за виток.

Построению траектории полета ИСЗ отведена центральная часть. Справа от области визуализации расположен ползунок, позволяющий изменять масштаб изображения.

На рис. 2 приведен пример моделирования трех витков возмущенного движения под комплексным влиянием обоих факторов: несферичности и атмосферы Земли.

Для улучшения наглядности реализована функция *искусственного, искаженного усиления* влияния возмущающих факторов (кнопки ON/OFF в правом верхнем углу интерфейса). Данная функциональность реализована для визуализации эволюции орбитальных параметров во времени и позволяет наглядно проследить изменения формы и ориентации орбиты под воздействием возмущающих факторов.

Интуитивно понятный интерфейс ВП обеспечивает простоту управления без необходимости длительного обучения или разработки подробной инструкции. Виртуальный прибор поддерживает непрерывный режим работы: любые изменения параметров в реальном времени отражаются на визуализации и расчетных результатах.

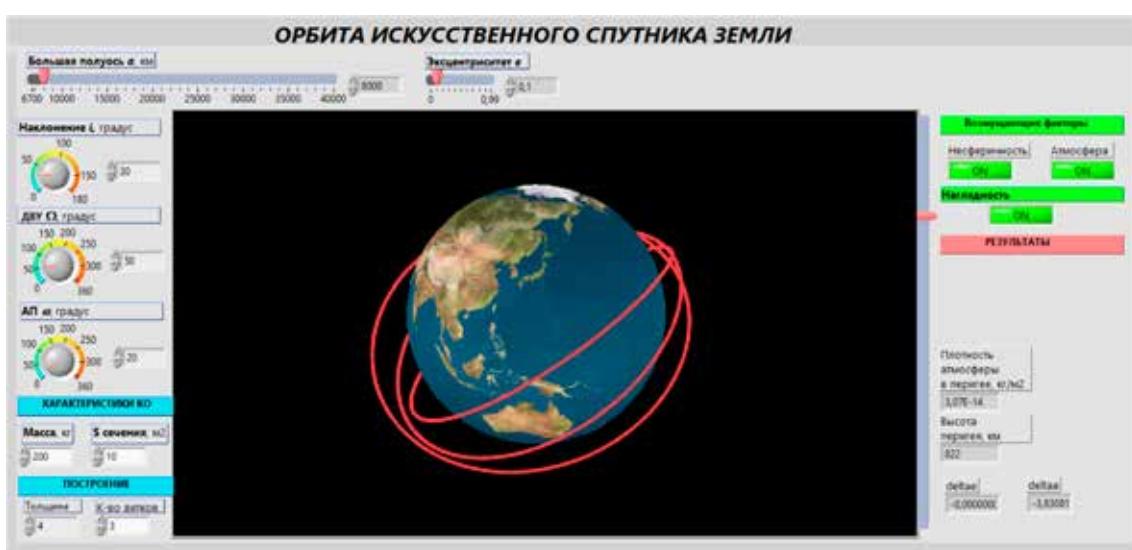


Рис. 2. Интерфейс программы
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Такая возможность существенно расширяет наглядность и эффективность изучения основных закономерностей движения искусственного спутника Земли в околосземном космическом пространстве.

Использование виртуального прибора «Орбита ИСЗ с учетом атмосферы и несферичности Земли» на занятиях позволило достичь следующих целей: повысить наглядность учебного материала и устраниТЬ сложности, связанные с пространственным воображением; качественно разъяснить основные определения элементов орбиты, а также их влияние на параметры движения спутника; доступно продемонстрировать влияние несферичности Земли на траекторию движения искусственных спутников в околосземном пространстве; наглядно продемонстрировать влияние атмосферы Земли на изменение орбитальных параметров.

На практических занятиях обучающиеся могут закрепить теоретические знания, провести исследования изменений орбиты под воздействием вариаций ее элементов и временных параметров, а также изучить различия между невозмущенной и возмущенной орбитами. Разработанная модель существенно расширяет возможности интерактивного обучения и способствует более глубокому пониманию основ орбитальной динамики.

Заключение

Разработанный виртуальный прибор служит эффективным инструментом визуализации для изучения спутниковой динамики. Он обеспечивает моделирование как невозмущенного, так и возмущенного движения спутника с учетом ключевых факторов: несферичности Земли и сопротивления атмосферы. Прибор позволяет наглядно исследовать связь между параметрами орбиты и характеристиками спутника. Апробация в учебном процессе подтвердила, что его использование повышает качество и наглядность обучения.

Список литературы

- Егорычева Е.В., Тюрина С.Ю., Сидоров А.А., Орлова Е.В. Инновационные образовательные технологии в техническом вузе // Современные научноемкие технологии. 2021. № 6 (ч. 2). С. 312–316. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38740> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.17513/snt.38740.
- Коваленко Е.И. Инновационные технологии в области профессионального образования // Современные про-

блемы науки и образования. 2025. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33906> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.17513/spno.33906.

3. Вайгенд М. Математическое моделирование и программирование в естественнонаучном образовании // Компьютерные инструменты в образовании. 2019. № 2. С. 55–64. URL: <http://cte.eltech.ru/ojs/index.php/kio/article/view/1599> (дата обращения: 03.01.2025). DOI: 10.32603/2071-2340-2019-2-55-64.

4. Алдохина В.Н., Куликов С.В., Королев В.О. Модель прогнозирования движения искусственного спутника Земли в околосземном космическом пространстве // Современные научноемкие технологии. 2021. № 1. С. 7–11. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38463> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.17513/snt.38463.

5. Алдохина В.Н., Гудаев Р.А., Смирнов М.С., Шайхуметов Ш.И. Модель системы мониторинга и контроля воздушно-космического пространства // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2019. № 668. С. 8–19. URL: <https://vka.mil.ru/Nauka/Nauchnye-trudy> (дата обращения: 03.11.2025).

6. Алдохина В.Н., Королев В.О. Программная реализация построения орбиты искусственного спутника Земли // Компьютерные инструменты в образовании. 2024. № 2. С. 48–57. URL: <http://cte.eltech.ru/ojs/index.php/kio/article/view/1829> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.32603/2071-2340-2024-2-48-57.

7. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020615106. Орбита ИСЗ: № 2020614119: заявлено 13.04.2020: опубл. 15.05.2020 / Алдохина В.Н., Королев В.О., Куликов С.В., Федоренко Д.С. URL: <https://www.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=4D6D76D4-1EA2-41C0-8B5C-7795218E6830> (дата обращения: 03.11.2025).

8. Мирер С.А. Механика космического полета. Орбитальное движение. М.: Резолит, 2007. 267 с. ISBN 5-86567-090-5.

9. Эльясберг П. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. М.: Ленанд, 2024. 544 с. ISBN 978-5-9710-7887-6.

10. Эскобал П. Методы определения орбит. М.: Мир, 1970. 472 с.

11. ГОСТ Р 53460-2009. Глобальная справочная атмосфера для высот от 0 до 120 км для аэрокосмической практики. Параметры. М.: Стандартинформ, 2011. 182 с.

12. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. Параметры. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 180 с.

13. Самарский А.П. Динамическое моделирование непрерывных технологических процессов в среде LabVIEW // Российский химический журнал. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 8–15. URL: <https://rcj.isuct.ru/article/view/4561> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.6060/rcj.2022662.2.

14. Клиосилов А.В., Кудрявцев В.О. Виртуальный прибор для изучения операционных усилителей на платформе NI ELVIS // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 767–770. URL: <https://ntv.ifmo.ru/ru/article/18795> (дата обращения: 03.01.2026). DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-767-770.

15. Сухорученков К.В., Мараева Е.В., Александрова О.А. Виртуальный прибор для расчета параметров эпитетаксиальных слоев при выращивании гетероструктур // Компьютерные инструменты в образовании. 2023. № 1. С. 96–105. URL: <http://cte.eltech.ru/ojs/index.php/kio/article/view/1765> (дата обращения: 03.11.2025). DOI: 10.32603/10.32603/2071-2340-2023-1-96-105.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 621.311.6
 DOI 10.17513/snt.40643

АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Афонин А.Н., Шеметова О.М., Нестерова Е.В.,
 Удовенко И.В., Федорова Н.В., Федоров В.И.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород,
 Российская Федерация, e-mail: nesterova@bsuedu.ru

В данной статье рассматривается актуальная проблема обеспечения долговечного и автономного энергоснабжения узлов беспроводных сенсорных сетей, применяемых в машиностроении. Авторы проводят критический анализ традиционных химических источников питания и их ограниченный ресурс, который препятствует длительной и безотказной работе сенсоров. В качестве перспективной альтернативы обосновывается применение технологий сбора энергии из окружающей среды, позволяющих преобразовывать такие возобновляемые источники, как вибрации, температурные градиенты и кинетическая энергия воздушных потоков, в электрическую. Основной целью работы является выбор конструкции устройства для обеспечения бесперебойного питания узлов беспроводной сенсорной сети в машиностроении. Результатом исследования является конструкция линейного электрического генератора с электромагнитным регулятором воздушного зазора, которая позволяет динамически адаптировать выходные параметры генератора к изменяющейся нагрузке, поддерживая стабильное напряжение и высокую эффективность в широком диапазоне условий. В работе представлен макет вибрационного генератора, подтвердивший его практическую применимость. Дополнительно проведенный анализ энергопотребления типового сенсорного узла демонстрирует, что оптимизация рабочих циклов позволяет снизить средний потребляемый ток с 30 до 0,3 миллиампера, что кардинально увеличивает срок автономной работы. Таким образом, работа вносит значительный вклад в развитие энергоэффективных и адаптивных систем питания, открывая перспективы для широкомасштабного внедрения беспроводных сенсорных сетей в современные интеллектуальные производственные системы.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, автономные источники питания, сбор энергии, линейный электрический генератор, вибрационный генератор, регулирование воздушного зазора, энергоэффективность

AUTONOMOUS POWER SUPPLIES FOR WIRELESS SENSOR NETWORK NODES IN MECHANICAL ENGINEERING

Afonin A.N., Shemetova O.M., Nesterova E.V.,
 Udovenko I.V., Fedorova N.V., Fedorov V.I.

*Federal State Educational Institution of Higher Education
 "Belgorod State National Research University", Belgorod,
 Russian Federation, e-mail: nesterova@bsuedu.ru*

This article addresses the pressing issue of providing a long-lasting and autonomous power supply for wireless sensor network nodes used in mechanical engineering. The authors critically analyze traditional chemical power sources and their limited lifespan, which hinders the long-term and trouble-free operation of sensors. Environmental energy harvesting technologies are substantiated as a promising alternative, enabling the conversion of renewable energy sources such as vibrations, temperature gradients, and the kinetic energy of air currents into electrical energy. The primary objective of this study is to design a device for providing uninterrupted power to wireless sensor network nodes in mechanical engineering. The result of this study is the design of a linear electric generator with an electromagnetic air gap regulator, which enables dynamic adaptation of the generator's output parameters to changing loads, maintaining stable voltage and high efficiency over a wide range of conditions. A prototype of a vibration generator is presented, confirming its practical applicability. An additional analysis of the power consumption of a typical sensor node demonstrates that optimizing duty cycles reduces the average current consumption from 30 milliamps to 0.3 milliamps, dramatically increasing battery life. Thus, this work significantly contributes to the development of energy-efficient and adaptive power systems, opening up prospects for the large-scale implementation of wireless sensor networks in modern intelligent manufacturing systems.

Keywords: wireless sensor networks, autonomous power supplies, energy harvesting, linear generator, vibration generator, air gap cooling, energy efficiency

Введение

Широкое распространение цифровых технологий способствует расширению сфер применения автономных информационных устройств, способных функционировать в условиях отсутствия подключения к ста-

ционарным электросетям. Одним из ключевых факторов повышения эффективности современного машиностроения является интеграция беспроводных сенсорных сетей (БСС), которые формируют технологическую основу для создания гибких автомати-

зированных систем [1]. Данная технология демонстрирует измеримый практический эффект: эмпирические данные свидетельствуют о сокращении незапланированных простоев на 30–50 %, повышении стойкости инструмента и ресурса оборудования, а также об увеличении стабильности и повторяемости технологических процессов [2]. Кроме того, БСС формируют технологическую основу для сквозной цифровой прослеживаемости единиц продукции. Таким образом, беспроводные сенсорные сети выступают ключевым элементом киберфизических систем, трансформируя устаревшие активы в компоненты «умной» среды и интегрируя новое оборудование в единую саморегулирующуюся систему. Одной из наиболее сложных задач, возникающих при создании БСС, является организация полностью автономного питания их узлов. Перспективной стратегией в этой области признано использование компактных генераторов, непосредственно получающих электроэнергию из внешних природных или технологических источников [3].

Использование беспроводных технологий в промышленной автоматизации обеспечивает существенные преимущества, такие как снижение затрат, повышенная доступность производственной информации и рост производительности [4]. Базовую структуру узла БСС формируют микроконтроллер, память, датчик, АЦП, приемопередатчик, контроллеры интерфейсов и источник питания. Данные узлы обладают функциями беспроводной связи и достаточными вычислительными ресурсами для обработки и передачи данных, координируясь в различных сетевых топологиях в соответствии с требованиями приложения [5]. Основная задача узла заключается в мониторинге локальной среды, включающем сбор,

обработку, хранение и предоставление данных другим участникам сети.

Значительный потенциал БСС обусловил активные исследования, направленные на создание специализированных сенсорных узлов. Несмотря на прикладное разнообразие, их разработка ориентирована на общие критерии, в первую очередь – миниатюризацию и низкое энергопотребление. Стандартная архитектура включает четыре модуля: сенсорный, сбора данных, микроконтроллер и связи (рис. 1).

Как показано на рис. 1, сенсорный модуль (преобразователь) конвертирует контролируемые параметры окружающей среды (температура, вибрация, влажность и др.) в электрический сигнал. Модуль сбора данных выполняет усиление и предварительную обработку этих сигналов, осуществляя их фильтрацию и аналого-цифровое преобразование. Полученные цифровые данные поступают на встроенный микроконтроллер для временного хранения и подготовки к последующей ретрансляции. Помимо этого, микроконтроллер реализует алгоритмы интеллектуального управления, включая планирование рабочих режимов узла. Связь с другими узлами сети или базовой станцией обеспечивается радиомодулем. Все перечисленные компоненты являются активными и требуют электропитания от встроенного источника (например, аккумулятора). В процессе эксплуатации запасенная энергия истощается, что в конечном счете приводит к деактивации узла.

Переход от мониторинга к прямому управлению технологическими процессами с использованием БСС сдерживается рядом технологических барьеров. Критическим из них является ненадежность беспроводного канала, проявляющаяся в высокой вероятности битовых ошибок [6].

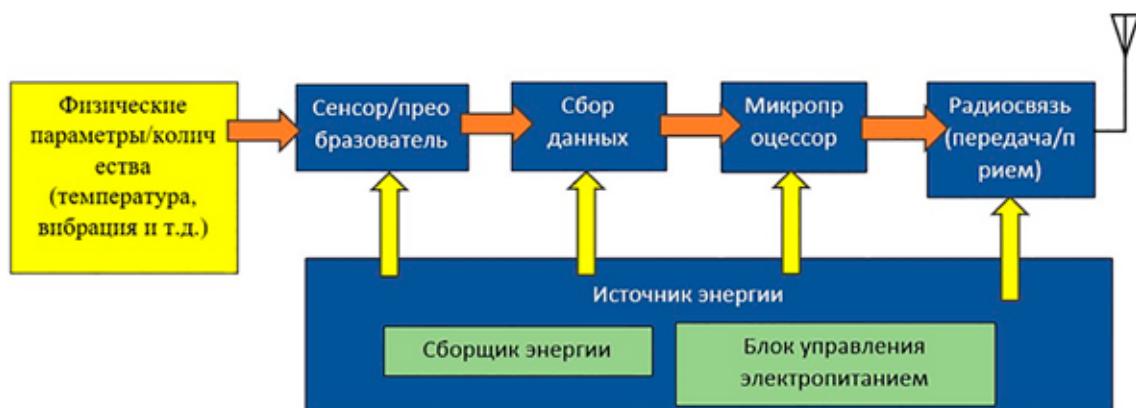


Рис. 1. Обобщенная структурная схема узла БСС
Примечание: составлен авторами

Эта проблема усугубляется необходимостью энергосбережения, требующей ограничения мощности передачи, а также наличием интенсивных электромагнитных помех в промышленных условиях. Кроме того, распространению БСС для задач управления препятствует отсутствие унифицированных стандартов, вызывающее проблему несогласованности аппаратных решений [7].

Таким образом, двумя критическими проблемами являются высокое энергопотребление сенсорных узлов и ограниченная емкость их источников питания. Данная проблема усугубляется значительной стоимостью прокладки кабелей и замены элементов питания. Дополнительным ограничивающим фактором выступает миниатюризация: при уменьшении габаритов узла до нескольких кубических сантиметров для упрощения размещения, емкость его источника питания становится недостаточной для обеспечения длительного срока службы.

Цель исследования – выбор конструкции устройства для обеспечения бесперебойного питания узлов беспроводной сенсорной сети в машиностроении.

Материалы и методы исследования

Предлагаемое решение разработано на базе университета НИУ БелГУ и направлено на изучение процесса бесперебойного питания узлов беспроводной сенсорной сети в машиностроении. Проблема ограниченного ресурса традиционных химических источников питания является одним из ключевых факторов, сдерживающих внедрение и долгосрочное функционирование БСС [8]. Одной из них является технология сбора энергии (Energy Harvesting, EH) – метод улавливания, аккумуляции и преобразования неиспользуемой энергии окружающей среды в электрическую [9, 10].

Типовая архитектура системы сбора энергии (Energy Harvesting System) включает четыре фундаментальных компонента,

образующих последовательную цепь преобразования и управления энергией (рис. 2).

1. Преобразователь энергии (Energy Harvester). Данный модуль выполняет первичное преобразование энергии окружающей среды в электрическую форму. Ключевой метрологической характеристикой преобразователя является плотность мощности – выходная мощность на единицу массы или объема устройства. В зависимости от источника энергии используются: фотоэлектрические преобразователи (солнечная радиация); термоэлектрические генераторы (градиенты температур); пьезоэлектрические и электромагнитные преобразователи (механические вибрации); ветрогенераторы (кинетическая энергия воздушных потоков).

2. Система управления питанием (Power Management Circuit). Данный блок обеспечивает: согласование импеданса между преобразователем и накопителем; стабилизацию напряжения и тока; реализацию алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности (MPPT); преобразование уровня напряжения (повышение/понижение).

3. Накопитель энергии (Energy Storage Unit). Для буферизации энергии применяются: суперконденсаторы (для высокомощных импульсных нагрузок); аккумуляторные батареи (для долговременного хранения энергии).

4. Нагрузка (Electrical Load). В качестве нагрузки выступает беспроводной сенсорный узел, характеризующийся прерывистым характером энергопотребления с чередованием активных и спящих режимов.

Энергетический поток в системе реализуется по следующему принципу: преобразователь осуществляет конвертацию энергии окружающей среды в электричество, которое после оптимизации системой управления аккумулируется в накопителе для последующего использования нагрузкой. Такая организация обеспечивает непрерывность энергоснабжения даже в условиях нестабильности внешних энергетических источников.

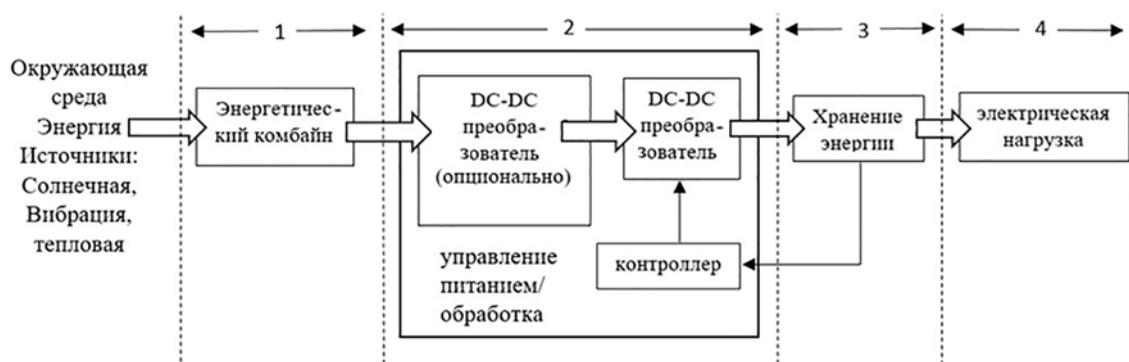


Рис. 2. Представление общей блок-схемы блока системы сбора энергии
Примечание: составлен авторами

Электрическая энергия, генерируемая преобразователем энергии 1, требует обработки специализированной схемой формирования мощности перед подачей на нагрузку. Основная функция систем силовой электроники в цепях управления питанием (рис. 2) заключается в регулировании энергопотока «источник – нагрузка» для оптимизации расходования ресурсов. Накопление избыточной энергии, получаемой в периоды ее доступности, в перезаряжаемых батареях или суперконденсаторах позволяет сформировать энергетический буфер, гарантирующий непрерывное электропитание нагрузки при сбоях в работе основного источника [11, 12].

Системы сбора энергии представляют собой класс технических устройств, предназначенных для аккумуляции и преобразования рассеянной энергии из возобновляемых источников окружающей среды в электрическую энергию, пригодную для практического использования. К ним относятся: система сбора солнечной энергии (SEH), система

сбора тепловой энергии (ТЕ), система сбора ветровой энергии (WEH), система сбора вибрационной энергии (VEH). Каждая из технологий обладает специфическими характеристиками, определяющими области их эффективного применения в зависимости от параметров вибрационного воздействия (амплитуды, частоты, формы спектра).

Дальнейшее развитие технологий сбора энергии связано с решением задач повышения эффективности преобразования, разработкой гибридных систем и созданием адаптивных алгоритмов управления энергопотоками.

Результаты исследования и их обсуждение

Структурная схема беспроводного сенсорного узла (рис. 1) позволяет провести оценку его энергопотребления в различных режимах работы. Мощность, потребляемая ключевыми компонентами (микроконтроллер, радиомодуль, память, регистратор и сенсорная плата), представлена в таблице.

Оценка срока службы батареи для сенсорного узла Xbow, работающего при 100 % и 1 % рабочих циклах

Технические характеристики системы					
Электрический ток			Циклы работы		
	Ценность	Единицы измерения	Режим 1	Режим 2	Ед. изм.
Микропроцессор (Atmeag128L)					
Электрический ток (рабочий день)	8	мА	100	1	%
Электрический ток (спящий режим)	8	ua	0	99	%
Радио					
Электрический ток прием	16	мА	75	0,75	%
Электрический ток (xmit (3db))	17	мА	25	0,25	%
Электрический ток (спящий режим)	1	ua	0	99	%
Регистрирующее					
Писать	15	мА	0	0	%
Прочитать	4	мА	0	0	%
Спать	2	ua	100	100	%
Сенсорная плата					
Электрический ток (полный рабочий день)	5	мА	100	1	%
Электрический ток (спящий режим)	5	ua	0	99	%
Расчетный средний потребляемый ток (мА)			Режим 1	Режим 2	
uP			8,0000	0,0879	
Радио			16,2500	0,1635	
Флэш-память			0,0020	0,0020	
Сенсорная плата			5,0000	0,0550	
Общий потребляемый ток (мА)			29,2520	0,3084	

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

Согласно данным таблицы, в активном режиме энергопотребление компонентов составляет единицы милливатт, снижаясь до микроваттного уровня в спящем режиме. При работе узла в режиме полной активности (100 % рабочего цикла) потребляемый ток достигает 30 мА, что соответствует максимальной мощности.

Рабочий цикл сенсорного узла характеризуется кратковременной активностью, после которой узел переходит в спящий режим с пониженным энергопотреблением. Как следует из данных таблицы, ток потребления в спящем режиме не превышает единиц микроампер, тогда как в активном режиме он достигает миллиампер. Таким образом, основную часть времени узел функционирует при низком токе (2–8 мА), а пиковые значения потребления (5–17 мА) наблюдаются лишь эпизодически – при выполнении операций сбора, обработки и передачи данных. Например, для сенсорного узла Xbow (таблица) снижение рабочего цикла до 1 % приводит к уменьшению среднего тока потребления при напряжении 3 В с 30 до ~0,3 мА.

Несмотря на то, что в типовых приложениях срок службы сенсорных узлов может достигать 2–10 лет, источник питания продолжает оставаться основным компонентом, лимитирующим их энергоавтономность [13, 14].

Линейные микрогенераторы для энергообеспечения маломощных устройств

В настоящее время в автономных системах энергоснабжения маломощных объектов (АСЭМО) в качестве источников электрической энергии широко применяются линейные генераторы. Существенное конструктивное разнообразие таких устройств обусловлено различными условиями эксплуатации и специфическими требованиями, предъявляемыми к целевым объектам [15]. В связи с этим актуальной задачей является разработка систематизированной классификации генераторов, позволяющей

обосновать выбор конструктивной схемы источника бесперебойного питания с заданными выходными характеристиками [9]. Реализация данного подхода обеспечит универсальность применения разработанных принципов проектирования и математических моделей для анализа широкого класса конструкций – от существующих до перспективных.

Проведенный анализ подтверждает целесообразность адаптивного регулирования мощности генератора в режиме реального времени для соответствия изменяющейся нагрузке. Одним из перспективных методов управления рабочими параметрами электрических генераторов является регулировка величины воздушного зазора между статором и ротором (рис. 3).

Конструкция рассматриваемого индуктивного генератора с переменным воздушным зазором и уменьшенным резистивным пусковым моментом включает статор с обмоткой и сердечником, а также роторную сборку на врачающемся валу. Ротор состоит из подвижного магнитопровода с радиально расположеными постоянными магнитами. Ключевым исполнительным элементом является электромагнитный регулятор, сердечник которого закреплен на валу и способен к осевому перемещению. Магнитная связь потоков статорной обмотки и тягового электромагнита обеспечивается немагнитными вставками, а функция возврата реализована с помощью пружины.

Принцип работы основан на осевом смещении ротора относительно статора под действием электромагнитного регулятора, который получает команды от системы управления. Это перемещение позволяет динамически изменять величину рабочего воздушного зазора [10].

На основе конструкции, показанной на рис. 1, была разработана модификация линейного генератора с электромагнитным регулятором воздушного зазора (рис. 4), позволяющая управлять его рабочими характеристиками [6].

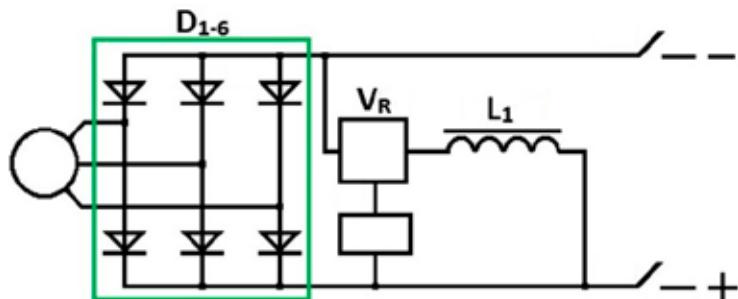


Рис. 3. Схема электромагнитного регулятора воздушного зазора
Примечание: составлен авторами на основании источника [10]

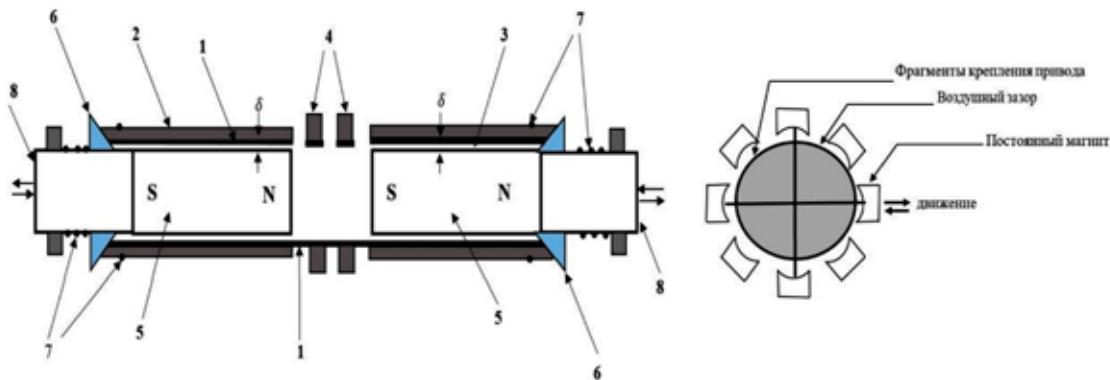


Рис. 4. Линейный электрический генератор с электромагнитным регулятором воздушного зазора:
 1 – цилиндрический корпус; 2 – катушки с осевыми обмотками; 3 – воздушный зазор (δ);
 4 – центральная катушка с радиальной обмоткой; 5 – магнитные сердечники;
 6 – опорный конус; 7 – винтовая пружина; 8 – фрагменты крепления привода

Примечание: составлен авторами

Принцип регулировки линейного генератора основан на изменении воздушного зазора между индуктором и раздвижными катушками статора, имеющими осевые обмотки. Изменение конфигурации зазора обеспечивается осевым перемещением опорных конусов, управляемых электромагнитной системой [14].

Принцип работы данного линейного генератора заключается в следующем. В начальный момент внешний привод через фрагменты крепления 8 сообщает подвижному узлу, содержащему магнитные сердечники 5 и постоянные магниты, возвратно-поступательное движение, которое поддерживается колебаниями винтовой пружины 7. Это движение магнитов относительно неподвижных силовых катушек с осевыми обмотками 2, закрепленных на корпусе 1, индуцирует в них переменное напряжение, в результате чего в подключенной внешней цепи возникает электрический ток. Специальная система управления, анализируя параметры генератора, подает управляющий сигнал на центральную катушку с радиальной обмоткой 4. Эта катушка, действуя как электромагнит, смещает весь подвижный узел, преодолевая усилие пружины 7, и устанавливает его в такое положение, при котором воздушный зазор 3 становится оптимальным. Для компенсации большой нагрузки зазор уменьшается, что усиливает магнитную связь и повышает мощность, а при малой нагрузке зазор может увеличиться для ее ограничения. Благодаря такому принципу действия система автоматически поддерживает стабильное выходное напряжение и эффективно отдает мощность в широком диапазоне рабочих условий, что и является главным преимуществом данной конструкции.

Апробация результатов исследования

Для автономного питания маломощных потребителей разработан вибрационный генератор, макет которого (рис. 5) создан на основании рекомендаций, полученных при моделировании.

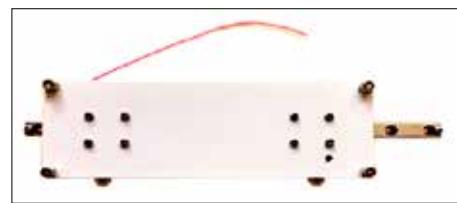


Рис. 5. Макет вибрационного генератора для автономного электроснабжения маломощных потребителей
 Примечание: составлен авторами

Управление работой вибрационного генератора осуществлялось с помощью платы Arduino. Измерение параметров генерируемого тока выполнялось прецизионным монитором тока и мощности INA260 компании Texas Instrument. При проведении испытаний вибрации индуктору генератора сообщались с помощью электродвигателя с эксцентриком. Проведенные испытания показали, что разработанная конструкция линейного вибрационного генератора позволяет изменять величину генерируемого тока в 2 раза, что позволит обеспечивать более эффективное энергоснабжение узлов БСС в машиностроении.

Заключение

На основании проведенного исследования можно заключить, что разработка автономных систем энергоснабжения на основе линейных электрических генераторов с адаптивным регулированием воздушного

зазора представляет собой эффективное решение проблемы энергонезависимости узлов беспроводных сенсорных сетей в машиностроении. Показано, что традиционные химические источники питания обладают ограниченным ресурсом и не обеспечивают длительную работу сенсоров, тогда как применение технологий сбора энергии позволяет преобразовывать энергию вибраций, температурных градиентов и других внешних источников в электрическую, значительно продлевая срок службы устройств. Предложенная конструкция генератора с электромагнитным регулятором зазора демонстрирует способность динамически адаптироваться к изменяющейся нагрузке, поддерживая стабильное выходное напряжение и эффективность в широком диапазоне условий. Апробация макета вибрационного генератора подтвердила его практическую применимость и соответствие требованиям промышленной эксплуатации, а анализ энергопотребления показал, что оптимизация рабочих циклов позволяет снизить ток потребления с 30 до 0,3 мА, что существенно увеличивает автономность. Таким образом, работа вносит значительный вклад в развитие энергоэффективных и адаптивных систем питания, открывая перспективы для широкого внедрения беспроводных сенсорных сетей в современные производственные процессы.

Список литературы

- Баль В.Б., Аунг М.Т. Проектирование вентильно-индукторных генераторов: машинная постоянная и выбор главных размеров // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2018. № 3. С. 60–65. URL: <https://vestnik.mpei.ru/index.php/vestnik/article/view/292> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-3-60-65.
- Каунг Мьян Хту, Довгаль В.М. К вопросу построения конечно-элементной модели вибрационного микрогенератора // Научные ведомости Серия: Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. № 1. С. 99–107. DOI: 10.18413/2411-3808-2019-46-1-99-107.
- Духанин В.И., Кецарис А.А. Анализ рабочего процесса линейного генератора с возвратно-поступательным движением // Известия МГТУ МАМИ. 2012. Т. 1. № 2 (14). С. 104–110. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18775759&ysclid=mi4ym2g34s26988723> (дата обращения: 20.12.2025).
- Федий К.С., Спирин Е.А., Порошков Н.Е. Исследование динамики электрических процессов вентильного генератора в Simulink // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2020. Т. 13. № 2. С. 156–161. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniye-dinamiki-elektricheskikh-protsessov-ventilnogo-generatora-v-simulink?ysclid=mi4yn26ovr554548764> (дата обращения: 11.12.2025). DOI: 10.17516/1999-494X-0212.
- Мохсен М.Н., Богуславский И.В. Модель энергопотребления узлов беспроводной сети датчиков для увеличения времени автономной работы сети // Вестник Донского государственного технического университета. 2014. Т. 14. № 3 (78). С. 37–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-energopotrebleniya-uzlov-besprovodnoy-seti-datchikov-dlya-uveleniemi-vremeni-avtonomnoy-raboty-seti?ysclid=mi4yo0qsc33808433> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.12737/5700.
- Коськин А.В., Федоров В.И., Джаббар Ясир Я.М., Алгазали С. Энергосберегающий метод управления формированием передаваемых сигналов в беспроводной сенсорной сети // Экономика. Информатика. 2023. Т. 50. № 4. С. 901–912. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energosberegayuschiy-metod-upravleniya-formirovaniem-predavayemuyh-signalov-v-besprovodnoy-sensornoy-seti?ysclid=mi4yolkw8r636373685> (дата обращения: 11.12.2025). DOI: 10.52575/2712-746X-2023-50-4-901-912.
- Менжинский А.Б., Малашин А.Н., Суходолов Ю.В. Разработка и анализ математических моделей генераторов линейного и возвратно-поступательного типов с электромагнитным возбуждением // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. Т. 61. № 2. С. 118–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-analiz-matematicheskikh-modeley-generatorov-lineynogo-i-vozvratno-postupatelnogo-tipov-s-elektromagnitnym-vozbuzhdeniem?ysclid=mi4yp73cuy839986703> (дата обращения: 13.12.2025). DOI: 10.21122/1029-7448-2018-61-2-118-128.
- Ясир М.Д.Я., Польщиков К.А., Маматов Е.М. Имитационная модель функционирования беспроводной сети с низким энергопотреблением // Экономика. Информатика. 2023. Т. 50. № 3. С. 645–654. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-funktzionirovaniya-besprovodnoy-seti-s-nizkim-energopotrebleniem?ysclid=mi4yqqh8uj791026565> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-645-654.
- Ясир М.Д.Я., Польщиков К.А., Федоров В.И. Модель доставки сообщения в сенсорной сети с низким энергопотреблением // Экономика. Информатика. 2023. Т. 50. № 2. С. 439–447. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-dostavki-soobscheniya-v-sensornoy-seti-s-nizkim-energopotrebleniem?ysclid=mi4yrhawi2160077281> (дата обращения: 22.12.2025). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-2-439-447.
- Афонин А.Н., Хту Каунг Мьян, Федоров В.И., Коськин А.В. Линейный электрический генератор с регуируемым воздушным зазором // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 9. С. 144–147. URL: <https://ntvpr.ru/ru/archive-vypuskov> (дата обращения: 12.12.2025).
- Муравьев К.А., Алябьев И.О., Синютина Д.С., Шушуев А.И. Алгоритмическое проектирование беспроводных сенсорных сетей // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 4 (32). С. 79–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmicheskoe-proektirovaniye-besprovodnyh-sensornyh-setey?ysclid=mi4yx7o4mj907130701> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.21685/2307-4205-2020-4-9.
- Gasparjans A., Hramcova M., Terebkov A., Zhiravetska A. Wind power inductor generator with electromagnetic regulation of air gap for alternative power engineering // Engineering for rural development. 2015. P. 396–401. URL: https://www.researchgate.net/publication/282923059_Wind_power_inductor_generator_with_electromagnetic_regulation_of_air_gap_for_alternative_power_engineering (дата обращения: 22.12.2025).
- Каунг Мьян Хту. Анализ выходных характеристик вибрационного микрогенератора автономной системы электроснабжения маломощных потребителей в режиме холостого хода // Инновационная наука. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vykhodnyh-harakteristik-vibratsionnogo-mikrogeneratora-avtonomnoy-sistemy-elektricosnabzheniya-malomoschnyh-potrebiteley-v> (дата обращения: 18.11.2025).
- Каунг Мьян Хту, Кудинов В.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019201916150 «Управляющая программа для вибрационного микрогенератора автономной системы электроснабжения маломощных объектов», заявл. 07.05.2019; опубл. 17.05.2019. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39315322> (дата обращения: 12.12.2025).
- Крамаров А.С., Нгуен Ф.Т., Медведев В.В., Батищев Д.В. О методике оптимального проектирования линейного электрического генератора с постоянными магнитами // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 1. С. 44–51. URL: <https://electromekhanika.nputu.ru/index.php/electromeh/ru/article/view/1991?ysclid=mi4yzqvww8352649187> (дата обращения: 21.12.2025). DOI: 10.17213/0136-3360-2019-1-44-51.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 004.852
 DOI 10.17513/snt.40644

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СВАРОЧНЫХ ТРАЕКТОРИЙ

Выборнов И.И., Пиотровский Д.Л.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Российская Федерация,
 e-mail: pobininput@gmail.com*

Целью настоящей работы является разработка и исследование алгоритма адаптивного управления движением манипулятора при выполнении сварочных траекторий в пространстве. Рассматривается задача формирования управляющих воздействий, обеспечивающих точное и устойчивое следование заданному маршруту в условиях неопределенности внешних факторов и наличия погрешностей измерений. Предложен алгоритм управления, основанный на совместном использовании моделей прямой и обратной кинематики, методов нечеткой логики и рекурсивной фильтрации состояний. Решение обратной задачи кинематики позволяет определять параметры конфигурации манипулятора, необходимые для достижения требуемого положения исполнительного органа, тогда как применение нечеткой логики обеспечивает адаптивную коррекцию траектории с учетом неопределенности параметров среды и динамики системы. Для компенсации шумов измерений и случайных отклонений в координатах используется фильтр Калмана, повышающий устойчивость управления и обеспечивающий сглаживание траектории движения. Эффективность предложенного подхода исследована методом программного моделирования при выполнении сварочных траекторий различной геометрии, включая прямолинейные, наклонные и пространственные швы. Проведен анализ влияния дискретизации траектории на точность позиционирования и качество следования заданному маршруту. Полученные результаты показывают, что разработанный алгоритм обеспечивает стабильное и точное выполнение сварочных траекторий при наличии возмущений и позволяет сохранять допустимые отклонения положения исполнительного органа.

Ключевые слова: адаптивное управление, манипулятор, сварочные траектории, обратная кинематика, нечеткая логика, фильтр Калмана

ADAPTIVE CONTROL OF THE MANIPULATOR'S MOVEMENT WHEN EXECUTING WELDING TRAJECTORIES

Vybornov I.I., Piotrovskiy D.L.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 "Russian Technological University", Moscow, Russian Federation,
 e-mail: pobininput@gmail.com*

The aim of this work is to develop and study an algorithm for adaptive control of manipulator motion during the execution of welding trajectories in space. We consider the problem of generating control actions that ensure accurate and stable adherence to a given route under conditions of uncertainty in external factors and the presence of measurement errors. A control algorithm based on the combined use of forward and inverse kinematics models, fuzzy logic methods, and recursive state filtering is proposed. Solving the inverse kinematics problem allows us to determine the manipulator configuration parameters necessary to achieve the desired position of the actuator, while the use of fuzzy logic ensures adaptive trajectory correction taking into account the uncertainty of environmental parameters and system dynamics. To compensate for measurement noise and random deviations in coordinates, a Kalman filter is used, increasing control stability and smoothing the motion trajectory. The effectiveness of the proposed approach is studied using software simulation when executing welding trajectories of various geometries, including straight, inclined, and spatial welds. An analysis of the impact of trajectory discretization on positioning accuracy and route following quality was conducted. The results demonstrate that the developed algorithm ensures stable and accurate execution of welding trajectories in the presence of disturbances and maintains acceptable positional deviations of the actuator.

Keywords: adaptive control, manipulator, welding trajectories, inverse kinematics, fuzzy logic, Kalman filter

Введение

Автоматизация технологических операций, связанных с управлением исполнительными механизмами, требует применения алгоритмов, обеспечивающих точное позиционирование и устойчивость к внешним возмущениям [1]. При выполнении пространственных траекторий, характерных для сварочных и смежных производственных процессов, особое значение приобретают методы, позволяющие учитывать

кинематические ограничения оборудования, а также влияние случайных факторов среды [2]. В этой связи актуальной задачей является построение алгоритмов управления, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и сохранять заданную точность движения [3].

Одним из подходов к решению данной задачи является использование моделей прямой и обратной кинематики в сочетании с методами интеллектуальной коррекции

траектории [4]. Применение нечеткой логики позволяет учитывать неопределенность входных параметров и формировать корректирующие воздействия на основе экспертиных правил [5], тогда как фильтрация измерений с использованием алгоритма Калмана обеспечивает снижение влияния шумов и погрешностей сенсорных данных [6]. Совместное использование этих методов создает основу для устойчивого управления манипуляционным модулем в условиях нестабильной среды [7].

Настоящая работа посвящена исследованию комплексного алгоритма управления движением манипулятора, реализующего адаптивное следование заданной траектории в пространстве. Рассматривается структура управления, включающая решение задач кинематики, оценку внешних условий и поэтапную коррекцию положения исполнительного органа. Эффективность предложенного подхода анализируется на основе результатов моделирования различных траекторий, отличающихся геометрией и числом шагов дискретизации [8].

Цель исследования – разработка и анализ алгоритма управления манипуляционным модулем, обеспечивающего адаптивное следование заданной пространственной траектории с учетом кинематических ограничений, влияния внешних возмущений и погрешностей измерений, за счет совместного использования моделей прямой и обратной кинематики, методов нечеткой логики и фильтрации состояний.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено методом программного моделирования управления манипуляционным модулем, предназначенным для выполнения заданных пространственных траекторий. Объект управления описывается кинематической моделью, включающей несколько звеньев с поступательными и вращательными степенями свободы [9]. Для определения положения исполнительного органа использовались модели прямой и обратной кинематики, обеспечивающие пересчет пространственных координат в параметры конфигурации привода для каждой точки дискретизированной траектории [10].

Для повышения точности и устойчивости управления в условиях внешних возмущений и погрешностей измерений применялся комбинированный алгоритм коррекции, основанный на методах нечеткой логики [11] и фильтрации состояний [12]. Нечеткая логика использовалась для формирования корректирующих воздействий на траекторию с учетом неопределенных

входных параметров, а рекурсивный фильтр Калмана – для сглаживания координат и компенсации шумов сенсорных данных. Эффективность предложенного подхода оценивалась по результатам моделирования движения манипулятора по траекториям различной геометрии с анализом отклонений фактического положения от заданного.

Код был написан на языке Python, в котором были использованы библиотеки NumPy для математических операций и Matplotlib для создания графиков. Для проверки программы был составлен соответствующий метод, который включает метрики, описанные в соответствующем разделе.

Результаты исследования и их обсуждение

Управление манипулятором построено на решении обратной задачи кинематики, что является распространенным подходом при формировании траекторий движения исполнительных механизмов [10]. Для компенсации возмущений и обеспечения устойчивости используется фильтр Калмана [6], а также алгоритм нечеткой логики для оценки неопределенных условий среды [11].

Объект управления – манипуляционный модуль, описываемый последовательностью кинематических звеньев, имеющих как вращательные, так и поступательные степени свободы. Геометрические параметры звеньев задаются в виде трех линейных размеров (обозначенных как L_1, L_2, L_3), соответствующих длинам плечевой, локтевой и конечной секций манипулятора. Исходное состояние представлено начальными углами поворота $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ и смещениями d_1, d_2, d_3 вдоль соответствующих осей.

Общий принцип функционирования системы заключается в определении требуемого положения исполнительного органа в пространстве (в терминах координат x, y, z) и автоматическом определении параметров конфигурации привода, необходимых для достижения заданного положения. Это реализуется посредством алгоритмов прямой и обратной кинематики.

Для определения текущего положения манипулятора в рабочем пространстве используется модель прямой кинематики, предполагающая трансляционное смещение конечного звена вдоль каждой из осей, с учетом геометрических характеристик манипулятора:

$$P = \begin{bmatrix} d_3 + L_3 \\ d_2 + L_2 \\ d_1 + L_1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Обратная задача кинематики решается аналитическим способом, предполагающим прямой пересчет координат требуемого положения в эквивалентные смещения вдоль каждой оси. Так, зная координаты целевой точки (x, y, z) , определяются требуемые значения d_1, d_2, d_3 следующим образом:

$$d_1 = z - L_1; \quad d_2 = z - L_2; \quad d_3 = z - L_3. \quad (2)$$

Данная схема реализует управление системой с учетом упрощенной модели манипулятора, пригодной для программной симуляции или базовой реализации в реальном аппарате.

Ввиду возможного появления внешних нестабильностей (например, вибраций, колебаний температуры, изменения микроклимата на производстве) модуль управления содержит подсистему логико-нечеткой оценки и коррекции. Основу данной подсистемы составляет набор производственных правил вида

ЕСЛИ [ускорение в интервале А] И [температура в интервале В], ТО [изменить скорость движения на V] и [корректировать угол на $\Delta\theta$]

Каждое правило характеризуется двумя входными переменными – текущими значениями ускорения и температуры – и парой выходных воздействий. Для описания степеней принадлежности текущих значений входным лингвистическим переменным используется функция принадлежности, реализующая линейную интерполяцию между заданными границами диапазона. Механизм выбора корректирующего воздействия базируется на максимизации степени принадлежности и масштабировании выхода по значению этой степени:

$$\text{Коррекция скорости: } v' = v + \mu \Delta v, \quad (3)$$

$$\text{Коррекция угла: } \theta' = \theta + \mu \Delta \theta,$$

где μ – максимальная степень принадлежности среди всех активных правил [13–15].

Учет шумов и случайных отклонений в показаниях сенсорных систем осуществляется с применением алгоритма рекурсивной фильтрации, основанного на модели Калмана. Для фильтра используется упрощенная двумерная модель состояния, включающая оценки координат (x, y) и их ковариационную матрицу.

На каждом временном шаге выполняются следующие процедуры:

1) предсказание – прогноз следующего состояния на основе текущей оценки и модели движения:

$$x_{k|k-1} = x_{k-1} + v \Delta t; \quad (4)$$

2) обновление – учет фактического измерения для коррекции состояния:

$$K_k = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + R)^{-1}, \quad (5)$$

$$x_{k|k} = x_{k|k-1} + K_k (z_k - H x_{k|k-1}). \quad (6)$$

где K_k – усиление Калмана, P – ковариационная матрица оценки, H – матрица наблюдений, R – ковариация измерений и z_k – измерение.

Алгоритм обеспечивает сглаживание траектории и компенсацию помех, возникающих в процессе выполнения манипуляционных операций.

Описанные выше алгоритмы объединяются в единую систему управления движением манипулятора по заданной траектории. На вход подается последовательность координатных точек и ориентиров, соответствующих этапам технологической операции. Для каждой точки производится:

- 1) вычисление смещений по модели обратной кинематики;
- 2) оценка внешних условий (ускорение, температура);
- 3) вычисление корректирующего воздействия на траекторию;
- 4) фильтрация полученной позиции;
- 5) формирование обновленного положения для выполнения следующего шага.

Это обеспечивает не только точное следование исходной траектории, но и способность адаптивной подстройки маршрута под влиянием реальных условий среды.

Для демонстрации эффективности построенного управления применяется графическая визуализация исходной и адаптированной траекторий в трехмерной координатной системе. Использование таких средств позволяет наглядно представить степень отклонения и корректировки траектории в условиях действия случайных факторов.

Блок-схема общего алгоритма управления представлена на рис. 1.

Эта блок-схема отражает последовательность действий программы от запуска до завершения, включая взаимодействие с пользователем, генерацию траектории и визуализацию.

Цикл повторяется для каждой точки траектории, определенной числом шагов.

Блок-схема алгоритма адаптации представлена на рис. 2.

Эта блок-схема детализирует процесс адаптации одной точки траектории, включая кинематику, оценку неопределенности и фильтрацию.

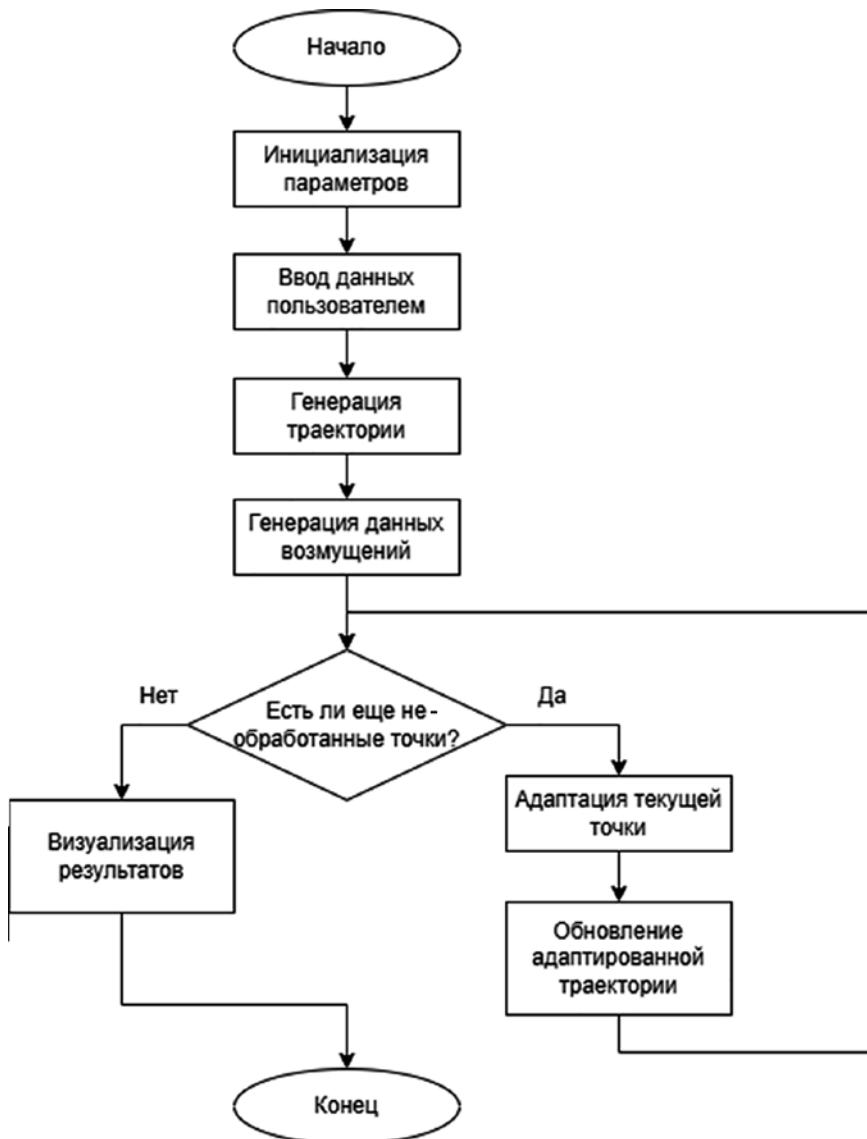


Рис. 1. Схема общего алгоритма управления
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Подобная комбинация подходов (фильтр Калмана, нечеткая логика и обратная кинематика) позволяют добиться высокой точности и устойчивости к неопределенностям среды, что подтверждается экспериментально.

В качестве эксперимента был выбран шов длиной 10 см вдоль оси Y. Результаты экспериментов наглядно представлены на рис. 3 и 4.

По графикам можно сделать вывод, что шов получается довольно точным, поскольку максимальное отклонение шва равно 1,5 мм, что входит в допустимый диапазон. Наклонный шов представлен на рис. 5 и 6.

Как видно из графиков, с наклонным швом алгоритм справляется одинаково хо-

рошо. Рассмотрим последний вариант: шов в трех плоскостях. Результат эксперимента представлен на рис. 7.

В рамках этих экспериментов была установлена точность в 100 шагов. Далее будут проведены эксперименты по уменьшению числа шагов и измерению точности алгоритма.

Результаты экспериментов для точности в 10 шагов представлены на рис. 8 и 9.

Как видно из графиков, точность алгоритма не понизилась, но качество шва незначительно пострадало, так как возникает малое пересечение заданной траектории с целевой. Рассмотрим вариант с наклонным швом, который представлен на рис. 10 и 11.

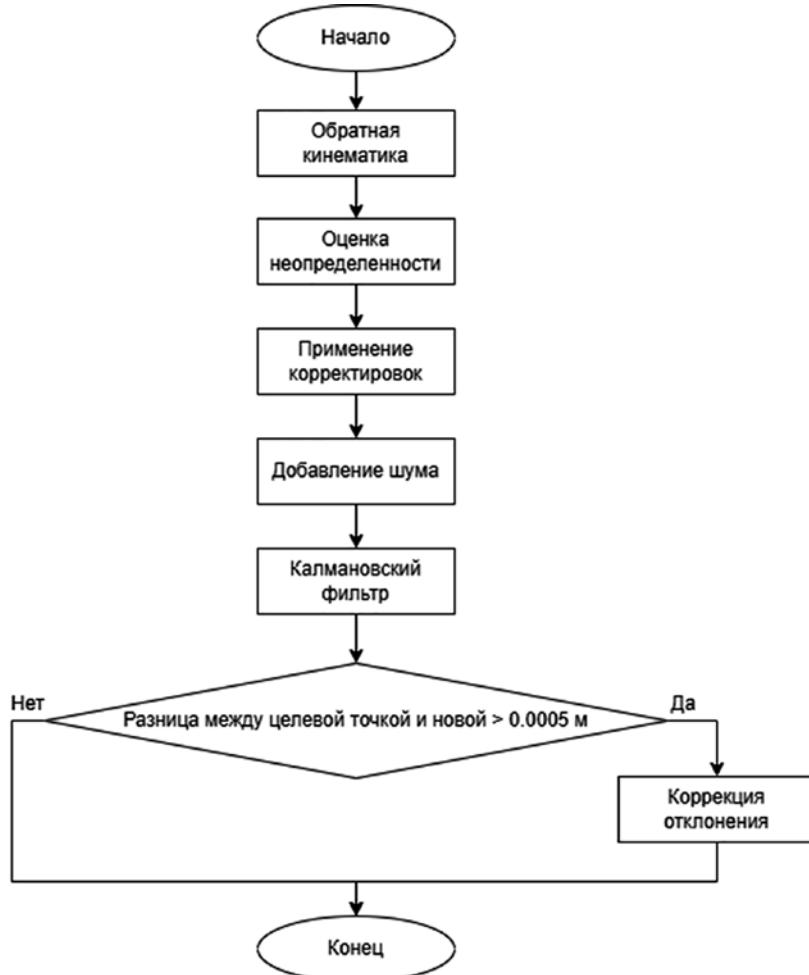


Рис. 2. Схема алгоритма адаптации
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

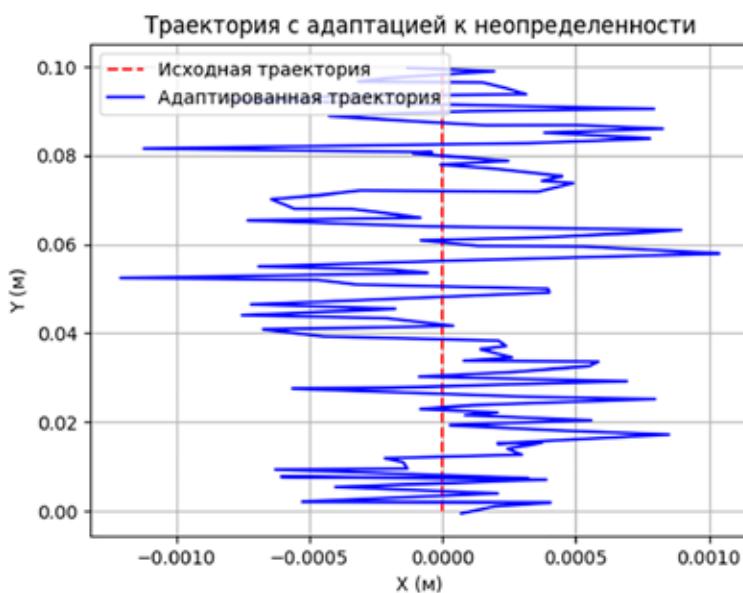


Рис. 3. Результат эксперимента прямого шага на плоскости
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Траектория с адаптацией к неопределенности в 3D

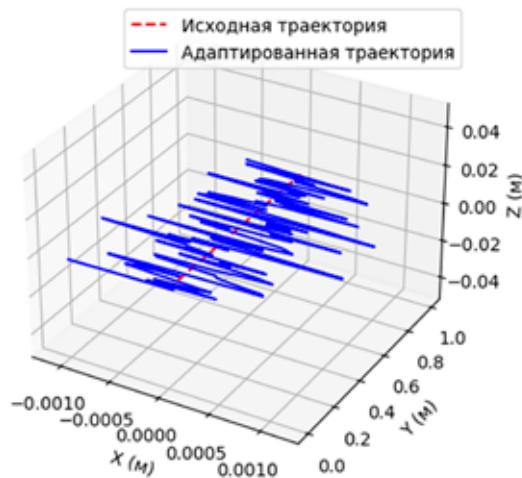


Рис. 4. Результат эксперимента прямого шва в трехмерном варианте
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Траектория с адаптацией к неопределенности

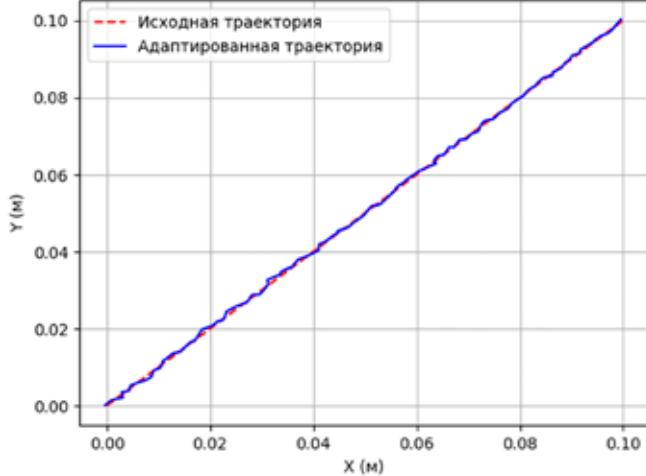


Рис. 5. Результат эксперимента наклонного шва на плоскости
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Траектория с адаптацией к неопределенности в 3D

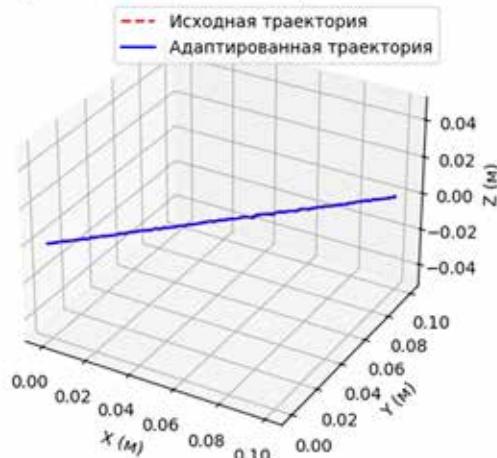


Рис. 6. Результат эксперимента наклонного шва в трехмерном варианте
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Траектория с адаптацией к неопределенности в 3D

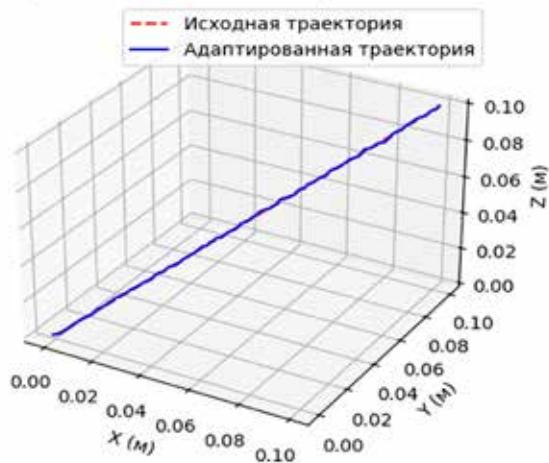


Рис. 7. Результат эксперимента с трехмерным швом
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

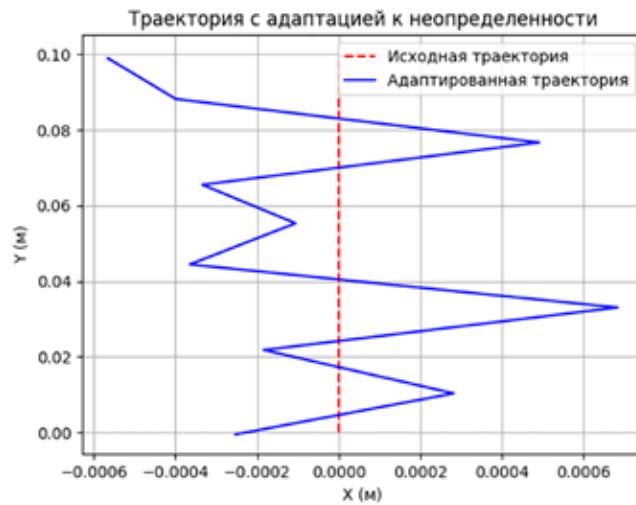


Рис. 8. Результат эксперимента прямого шва на плоскости с точностью 10 шагов
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Траектория с адаптацией к неопределенности в 3D

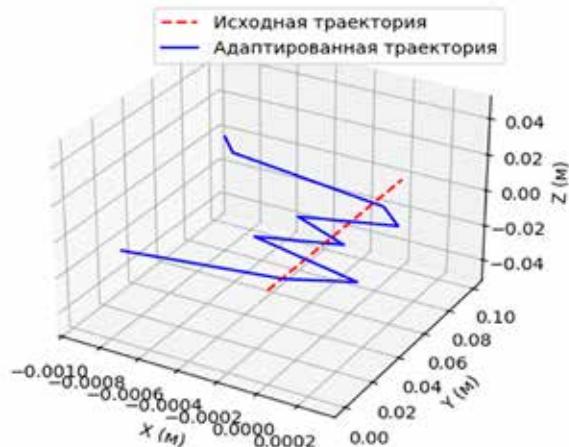


Рис. 9. Результат эксперимента прямого шва в трехмерном варианте с точностью 10 шагов
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

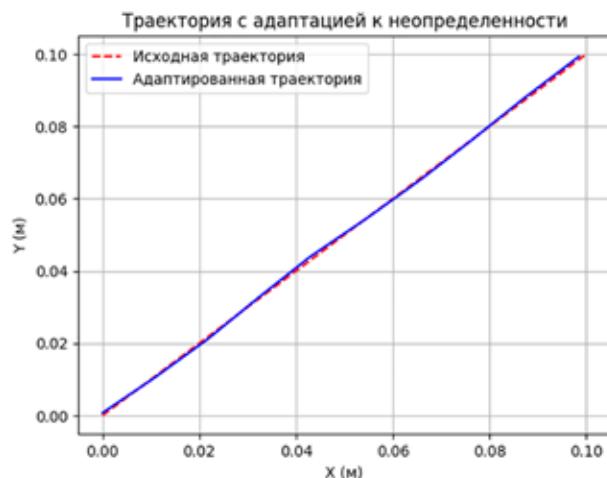


Рис. 10. Результат эксперимента наклонного шва на плоскости с точностью 10 шагов
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

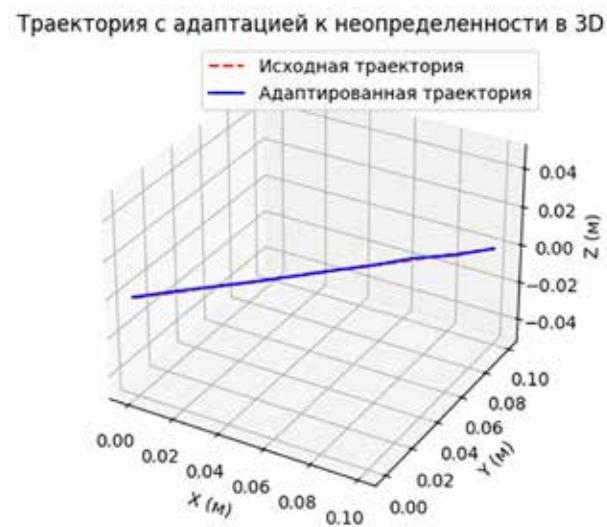


Рис. 11. Результат эксперимента наклонного шва в трехмерном варианте с точностью 10 шагов
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

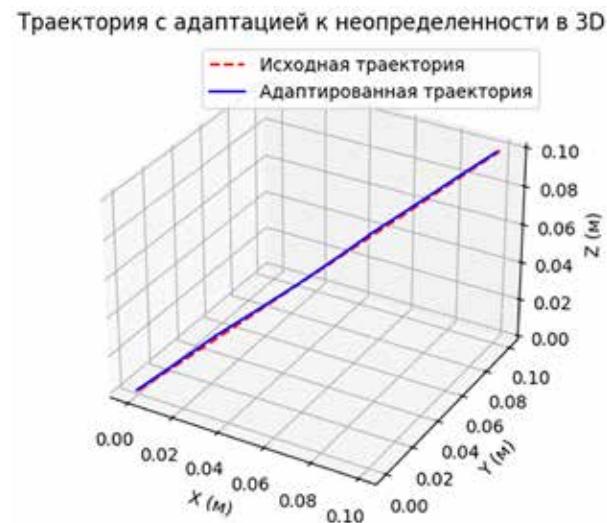


Рис. 12. Результат эксперимента с трехмерным швом с точностью 10 шагов
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Шов получился более плавным, относительно варианта с большим количеством шагов. В завершение серии экспериментов рассмотрим трехмерный вариант, который представлен на рис. 12.

Таким образом, можно сделать вывод, что точность не понижается с уменьшением числа шагов, однако уменьшается число пересечений действительной и целевой траекторий шва, что делает во втором случае шов более плавным.

Заключение

В результате проведенного исследования разработан и исследован алгоритм адаптивного управления движением манипулятора, обеспечивающий устойчивое следование сварочным траекториям в пространстве при наличии внешних возмущений и погрешностей измерений. Предложенный подход, основанный на сочетании кинематических моделей, нечеткой коррекции и рекурсивной фильтрации состояний, позволяет формировать корректирующие воздействия в процессе движения и снижать влияние шумов на точность позиционирования исполнительного органа. Результаты программного моделирования для траекторий различной геометрии показали сохранение допустимых отклонений и стабильность работы алгоритма при изменении параметров дискретизации, что подтверждает его применимость для задач автоматизации сварочных операций и целесообразность дальнейшего развития в направлении практической реализации на реальном оборудовании.

Список литературы

- Zhang Z., Zeng J. A Review on Development and Application of Industrial Robot // Academic Journal of Science and Technology. 2022. Vol. 2. P. 78–81. URL: https://www.researchgate.net/publication/363589952_A_Review_on_Development_and_Application_of_Industrial_Robot (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.54097/ajst.v2i2.1165.
- Xue K., Wang Z., Shen J., Hu S., Zhen Y., Liu J., Wu D., Yang H. Robotic seam tracking system based on vision sensing and human-machine interaction for multi-pass MAG welding // Journal of Manufacturing Processes. 2021. Vol. 63. P. 48–59. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526612515000486> (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.1016/j.jmapro.2020.02.026.
- Biber A., Sharma R., Reisgen U. Robotic welding system for adaptive process control in gas metal arc welding // Welding in the World. 2024. Vol. 68. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8320791> (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.1007/s40194-024-01756-y.
- Ren S., Han L., Mao J., Li J. Optimized trajectory tracking for robot manipulators with uncertain dynamics: A composite position predictive control approach // Electronics. 2023. Vol. 12. Article 4548. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/21/4548> (дата обращения: 29.11.2025). DOI: 10.3390/electronics12214548.
- Sun J., Wu S., Chen J., Li X., Zhang Y. Optimization of fuzzy adaptive logic controller for robot manipulators using modified greater cane rat algorithm // Mathematics. 2025. Vol. 13. Article 1631. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/13/10/1631> (дата обращения: 20.11.2025). DOI: 10.3390/math13101631.
- Khanesar M.A., Branson D. Robust sliding mode fuzzy control of industrial robots using an extended Kalman filter inverse kinematic solver // Energies. 2022. Vol. 15. Article 1876. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/5/1876> (дата обращения: 29.11.2025). DOI: 10.3390/en15051876.
- Xia K., Gao H., Ding L., Liu Z. Trajectory tracking control of wheeled mobile manipulator based on fuzzy neural network and extended Kalman filtering // Neural Computing and Applications. 2018. Vol. 30. P. 447–462. URL: https://www.researchgate.net/publication/310757131_Trajectory_tracking_control_of_wheeled_mobile_manipulator_based_on_fuzzy_neural_network_and_extended_Kalman_filtering (дата обращения: 30.11.2025). DOI: 10.1007/s00521-016-2643-7.
- Pan Z., Polden J., Larkin N., Van Duin S., Norrish J. Recent progress on programming methods for industrial robots // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2012. Vol. 28. P. 87–94. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584515000608> (дата обращения: 30.11.2025). DOI: 10.1016/j.rcim.2011.08.004.
- Wang G., Li W., Jiang C., Zhu D., Li Z., Xu W., Zhao H., Ding H. Trajectory Planning and Optimization for Robotic Machining Based On Measured Point Cloud // IEEE Transactions on Robotics. P. 1–17. URL: https://www.researchgate.net/publication/356882402_Trajectory_Planning_and_Optimization_for_Robotic_Machining_Based_On_Measured_Point_Cloud (дата обращения: 30.11.2025). DOI: 10.1109/TRO.2021.3108506.
- Qiao L., Luo X., Luo Q. Control of trajectory tracking for mobile manipulator robot with kinematic limitations and self-collision avoidance // Machines. 2022. Vol. 10. Article 1232. URL: <https://www.mdpi.com/2075-1702/10/12/1232> (дата обращения: 30.11.2025). DOI: 10.3390/machines10121232.
- Pham V.C., Tran M.H., Nguyen P.A., Nguyen T.H. Robust adaptive fuzzy sliding mode control for trajectory tracking of robot manipulators // arXiv. 2025. Vol. 9. P. 128120–128132. URL: <https://www.arxiv.org/abs/2508.05584> (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.48550/arXiv.2508.05584.
- De Cos C.R., Acosta J.Á. Unified force and motion adaptive-integral control of flexible robot manipulators // ISA Transactions. 2025. Vol. 158. P. 586–593. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057825000552> (дата обращения: 29.11.2025). DOI: 10.1016/j.isatra.2025.01.030.
- Liu J., Zeng T., Mohammad A., Alambeigi F. Design and validation of a fuzzy logic controller for continuum robots // arXiv. 2024. Vol. 124. Article 103386. URL: <https://arxiv.org/abs/2409.20242> (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.48550/arXiv.2409.20242.
- Xing H., Xu Y., Chen J., Gao H., Tavakoli M. Trajectory Tracking Control of Wheeled Mobile Manipulators with Joint Flexibility via Virtual Decomposition Approach // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/388908102_Trajectory_Tracking_Control_of_Wheeled_Mobile_Manipulators_with_Joint_Flexibility_via_Virtual_Decomposition_Approach (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.1109/TASE.2025.3540860.
- Tee K. P., Li H. Adaptive Tracking Control of Uncertain Robotic Manipulators in a Constrained Task Space // 2009 IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA 2009. 2010. P. 1001–1006. URL: https://www.researchgate.net/publication/224113167_Adaptive_Tracking_Control_of_Uncertain_Robotic_Manipulators_in_a_Constrained_Task_Space (дата обращения: 28.11.2025). DOI: 10.1109/ICCA.2009.5410306.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 621.762.01
 DOI 10.17513/snt.40645

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» № СС42049 ЛЕВОЙ ОПОРЫ ШНЕКА ПОДБОРЩИКА КОРМОУБОРОЧНОГО П3000 ИЗ ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ

Егоров М.С. ORCID ID 0000-0002-4289-1601,
 Егорова Р.В. ORCID ID 0000-0002-1082-3970

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,
 Российской Федерации, e-mail: aquavdonsk@mail.ru*

Статья посвящена разработке ресурсосберегающей технологии производства ответственной детали сельскохозяйственной техники – втулки левой опоры шнека кормоуборочного комбайна П3000 методом порошковой металлургии. Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения высоких эксплуатационных характеристик детали при эффективном производственном цикле. Цель исследования – разработка и расчет параметров технологии изготовления детали «Втулка», сочетающей методы статического холодного прессования и динамического горячего прессования, для получения изделия с требуемыми размерами, плотностью и механическими свойствами. В качестве исходного материала использован отечественный диффузионно-легированный железный порошок марки ПЛ-Н2Д2М с добавлением 0,5% графита ГК-1. Методология исследования включала проектирование технологического процесса на основе последовательного применения двух ключевых методов: статического холодного прессования для формирования пористой заготовки и последующего динамического горячего прессования для ее окончательного уплотнения. Применен аналитический метод расчета параметров пресс-форм и штампа. На основе анализа конструкции, отнесенной к 3-й группе сложности, обоснована и детально разработана схема двухстороннего прессования, обеспечивающая равномерное распределение плотности. Представлены результаты расчетов конструктивных параметров штамповой оснастки для обоих этапов: определена геометрия пuhanсонов, матрицы, упоров и упругих элементов для холодного прессования, а также размеры заготовки и штампа для горячего прессования. Для статического холодного прессования выбрана схема с плавающей матрицей, а пористость заготовки установлена на уровне 25%. Приведены подробные схемы пресс-форм и штампа, иллюстрирующие положения инструмента на всех этапах процесса. Разработана комплексная технология изготовления порошковой детали «Втулка», сочетающая статическое холодное и динамическое горячее прессование. Технология позволяет получить готовое изделие с регламентированными геометрическими и физико-механическими свойствами за счет управления процессом формования и уплотнения. Использование плавающей матрицы и двухстороннего прессования повышает равномерность свойств и повторяемость процесса. Разработанная технология рекомендована для внедрения в серийное производство.

Ключевые слова: порошковая металлургия, статическое холодное прессование, динамическое горячее прессование, пресс-форма, порошковая шихта, железный порошок, втулка

MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THE “SLEEVE” PART NO. SS42049 OF THE LEFT SCREW SUPPORT OF THE FORAGE PICKER P3000 MADE OF POWDER STEEL

Егоров М.С. ORCID ID 0000-0002-4289-1601,
 Егорова Р.В. ORCID ID 0000-0002-1082-3970

*Federal State Budgetary Educational Institution “Don State Technical University”,
 Rostov-on-Don, Russian Federation, e-mail: aquavdonsk@mail.ru*

The article is devoted to the development of a resource-saving technology for manufacturing a critical part of agricultural machinery – the “Sleeve” of the left auger support of the P3000 forage harvester using powder metallurgy. The relevance of the work is due to the need to ensure high performance characteristics of the part with an efficient production cycle. The aim of the study is the development and calculation of parameters for the manufacturing technology of the “Sleeve” part, combining methods of static cold pressing and dynamic hot pressing, to obtain a product with required dimensions, density, and mechanical properties. The domestic diffusion-alloyed iron powder grade PL-N2D2M with the addition of 0.5% GK-1 graphite was used as the starting material. The research methodology included designing a technological process based on the sequential application of two key methods: static cold pressing for forming a porous billet and subsequent dynamic hot pressing for its final densification. An analytical method for calculating press-form and die parameters was applied. Based on the analysis of the design, assigned to the 3rd complexity group, a double-sided pressing scheme ensuring uniform density distribution was justified and developed in detail. The results of calculations for the structural parameters of the die tooling for both stages are presented: the geometry of punches, die, stops, and elastic elements for SCP, as well as the billet and die dimensions for dynamic hot pressing, were determined. For static cold pressing, a scheme with a floating die was chosen, and the billet porosity was set at 25%. Detailed diagrams of the press-forms and die illustrating the tool positions at all process stages are provided. A comprehensive technology for manufacturing the powder “Sleeve” part, combining static cold and dynamic hot pressing, has been developed. The technology enables obtaining a finished product with regulated geometric and physico-mechanical properties by controlling the forming and densification processes. The use of a floating die and double-sided pressing enhances the uniformity of properties and process repeatability. The developed technology is recommended for implementation in mass production.

Keywords: powder metallurgy, static cold pressing, dynamic hot pressing, mold, powder charge, iron powder, sleeve

Введение

Особо важное место обработке давлением уделяется в технологии порошковой металлургии. При этом следует четко различать две области ее использования: формование заготовок из порошковых шихт требуемого состава и повышение их плотности. В том и другом случае под действием внешнего давления происходит не только формование заготовок или готовых изделий, но и в определенной мере формирование самого порошкового материала благодаря уплотнению, возникновению связей на межчастичных контактных поверхностях и всем процессам, сопровождающим пластическую деформацию. Явления, присущие двум первым процессам, специфичны и наблюдаются только в технологии порошковой металлургии [1; 2]. Явления, присущие третьему процессу, имеют много общего с наблюдаемыми при обработке монолитных материалов. Однако существование значительной пористости определяет наличие многочисленных особенностей деформации такого материала и необходимости всестороннего изучения этого процесса [3, с. 219]. В порошковой металлургии используются практически все способы, разработанные для обработки давлением компактных материалов. Наибольшее распространение при получении заготовок деталей из металлических порошков получи-

ло прессование в закрытых пресс-формах, а полуфабрикатов в виде полос, лент, прутков – прокатка и экструзия [4].

Цель исследования – разработка и расчет параметров технологии изготовления порошковой детали «Втулка» методом статического холодного и динамического горячего прессования, обеспечивающей получение изделия с требуемыми геометрическими размерами, плотностью и механическими свойствами.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного сырья был взят отечественный порошок марки ПЛ-Н2Д2М (ТУ 14-5402-2002) производства ПАО «Северсталь» (г. Череповец). Порошок ПЛ-Н2Д2М – это диффузионно легированный железный порошок, полученный методом отжига смеси порошков, содержащих легирующие добавки. Химический состав используемого порошка представлен в табл. 1 [5; 6].

В шихту порошкового материала вводили карандашный графит ГК-1 в количестве 0,5% по массе для получения порошковых сталей. Основные его характеристики приведены в табл. 2.

Рассмотрим технологический процесс прессования в закрытой пресс-форме порошковой шихты с целью получения детали «Втулка», чертеж которой представлен на рис. 1.

Таблица 1

Химический состав порошка марки ПЛ-Н2Д2М

Марка порошка	Содержание элементов, масс. %								
	C	O	Mo	Ni	Cu	Mn	Si	S	P
ПЛ-Н2Д2М	0,02	0,25	0,3–0,7	1,5–2,5	1,5–2	0,15	0,05	0,02	0,02

Примечание: составлена авторами на основе источника [5]

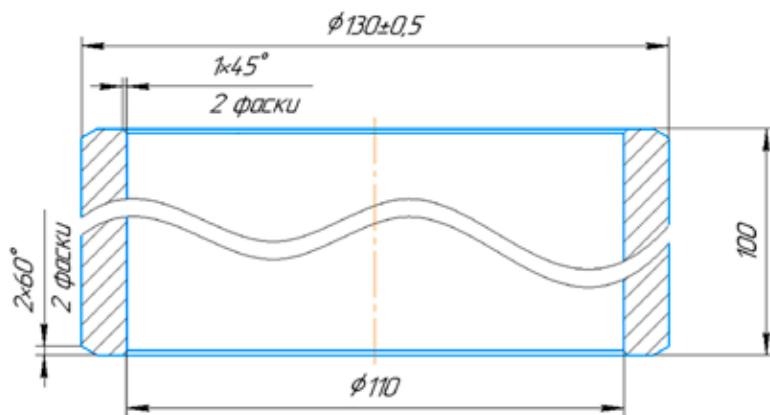


Рис. 1. Чертеж детали «Втулка»
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Таблица 2

Характеристики карандашного графита ГК-1

Показатель	Значение
Содержание углерода, мас. %	98
Содержание золы, мас. %	≈ 1
Прочие летучие соединения, мас. %	$\approx 0,5$
Массовая доля влаги, мас. %	$\approx 0,5$
Размер частиц порошка, мкм	50–80

Примечание: составлена авторами на основе источника [5]



Рис. 2. Схема технологического процесса изготовления для детали «Втулка» средней опоры
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Порошковая шихта для изготовления детали «Втулка» средней опоры шнека подборщика кормоуборочного имела следующий состав:

$$2\% \text{ Cu} + 2\% \text{ Ni} + 0,5\% \text{ Mo} + 0,5\% \text{ C.}$$

На рис. 2 показана схема технологического процесса изготовления детали «Втулка».

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ конструкции детали свидетельствует о том, что по степени сложности ее можно отнести к 3-й группе (отношение h_k / δ составляет больше 5 при значении h_k не менее 40 мм) и подгруппе А (сплошные (плоские) и полые детали постоянного сечения). Исходя из этого, при разработке схемы динамического горячего прессования (ДГП) необходимо учесть, что втулка представляет

собой цилиндрическую форму. Отношение высоты детали к толщине ее стенки свидетельствует о необходимости использования схемы двухстороннего прессования. На основании проделанного анализа разработана схема ДГП детали (рис. 3) [7; 8].

Разработанная схема ДГП позволяет сконструировать пористую заготовку и определить ее параметры. Наружный диаметр детали 130 мм, масса заготовки должна быть равна массе всей детали. Для повышения пластичности заготовки принимаем минимально рекомендованную ее пористость (25%), получаемую при статическом холодном прессовании в жестких стальных пресс-формах, далее ее подвергаем предварительному спеканию при $t_{\text{сп}} = 1150^{\circ}\text{C}$ и пористости 25% (плотность заготовки будет составлять $\rho_3 = 5,8 \text{ г}/\text{см}^3$). Температуру нагрева перед ДГП принимаем $t_3 = 1100^{\circ}\text{C}$ [9–11].

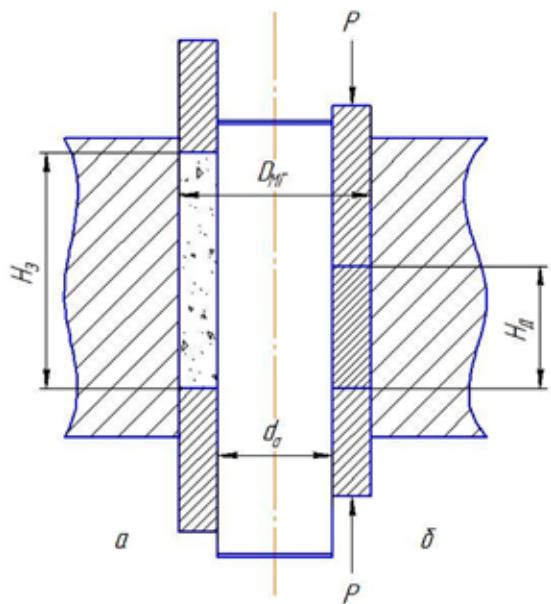


Рис. 3. Схема ДГП втулки:
а) положение перед началом ДГП;
б) положение в конце ДГП
Примечание: составлен авторами
по результатам исследования

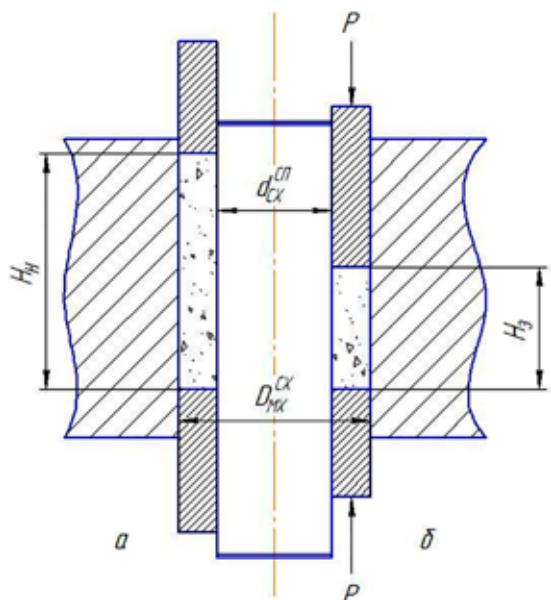


Рис. 4. Схема холодного прессования
пористой заготовки:
а) положение перед прессованием;
б) положение в конце прессования
Примечание: составлен авторами
по результатам исследования

На основании принятой конструкции заготовки разрабатываем схему статического холодного прессования. Поскольку заготовка имеет форму простой цилиндрической втулки и отношение $h_k/\delta = 10$ мм, то принимаем схему

двуихстороннего прессования, которая изображена на рис. 4. Уплотнение порошковой шихты из насыпного состояния H_4 до требуемой высоты пористой заготовки H_5 осуществляется за счет приложения нагрузки к верхнему и нижнему пуансонам [5; 12; 13].

Технологические поперечные размеры рабочего штампового инструмента рассчитываются с учетом:

- поперечных размеров получаемой детали;
- усадки изделия после горячей до прессовки;
- рабочей температуры штампового инструмента;
- упругой деформации штампового инструмента;

Поскольку изготовление холоднопрессованных заготовок необходимо осуществлять с использованием схемы двухстороннего прессования, то пресс-форма проектируется с плавающей матрицей (рис. 5). Плавание матрицы осуществляется с помощью упругих элементов, изготовленных из технической резины. Для повышения жесткости и прочности матрицы, а также с целью экономии дорогостоящей инструментальной стали заключаем матрицу в обойму по горячей посадке [7; 14; 15]. Ограничение хода верхнего пуансона осуществляется упорами, изготовленными из конструкционных углеродистых сталей.

Перед началом эксплуатации пресс-формы происходит ее сборка в следующем порядке. На нижнюю плиту пресса устанавливается нижний упор 9, нижний пуансон 6 в сборе со стержнем 7 и упругим элементом 8. После этого матрица 3, запрессованная в обойму 4, сопрягается с внутренней рабочей полостью и нижним пуансоном 6 и устанавливается на упругий элемент 8. Пресс-форма, таким образом, подготовлена к засыпке порошковой шихты в рабочую полость матрицы. После засыпки шихты на верхний торец матрицы устанавливается верхний упор 2, а в ее рабочую полость – верхний пуансон 1. Матрица готова к работе. Прессование заготовки осуществляется следующим образом. Включается пресс, и его верхняя плита, перемещаясь вниз, давит на верхний пуансон 1, он уплотняет порошковую шихту до тех пор, пока верхняя плита пресса не коснется верхнего упора 2. При дальнейшем движении плиты пресса вниз пуансон 1, упор 2 и матрица 3 с обоймой 4 одновременно перемещаются относительно неподвижного нижнего упора 6 и стержня 7, сжимая упругий элемент 8. Таким образом, за счет «плавания матрицы» осуществляется ход нижней подпрессовки порошковой шихты. Процесс прессования

заканчивается в момент касания нижнего торца матрицы 3 и обоймы 4 нижнего упора 9. После этого на специальных подставках устанавливается матрица и с помощью стальной подставки и плиты пресса при ее движении вниз осуществляется извлечение спрессованной заготовки из полости матрицы. Диаметр подставки должен быть на 1,5–2,0 мм меньше диаметра рабочей полости матрицы. Далее цикл изготовления пористой заготовки повторяется.

Для динамического горячего прессования детали «Втулка» использована схема двухстороннего прессования [2; 5; 16]. Ограничение хода прессования верхнего пуансона осуществляется за счет использования в конструкции штампа верхнего и нижнего упоров, изготовленных из конструкционных углеродистых сталей. Для повышения прочности и жесткости матрицы помещаем ее в стальную обойму по горячей осадки (рис. 6).

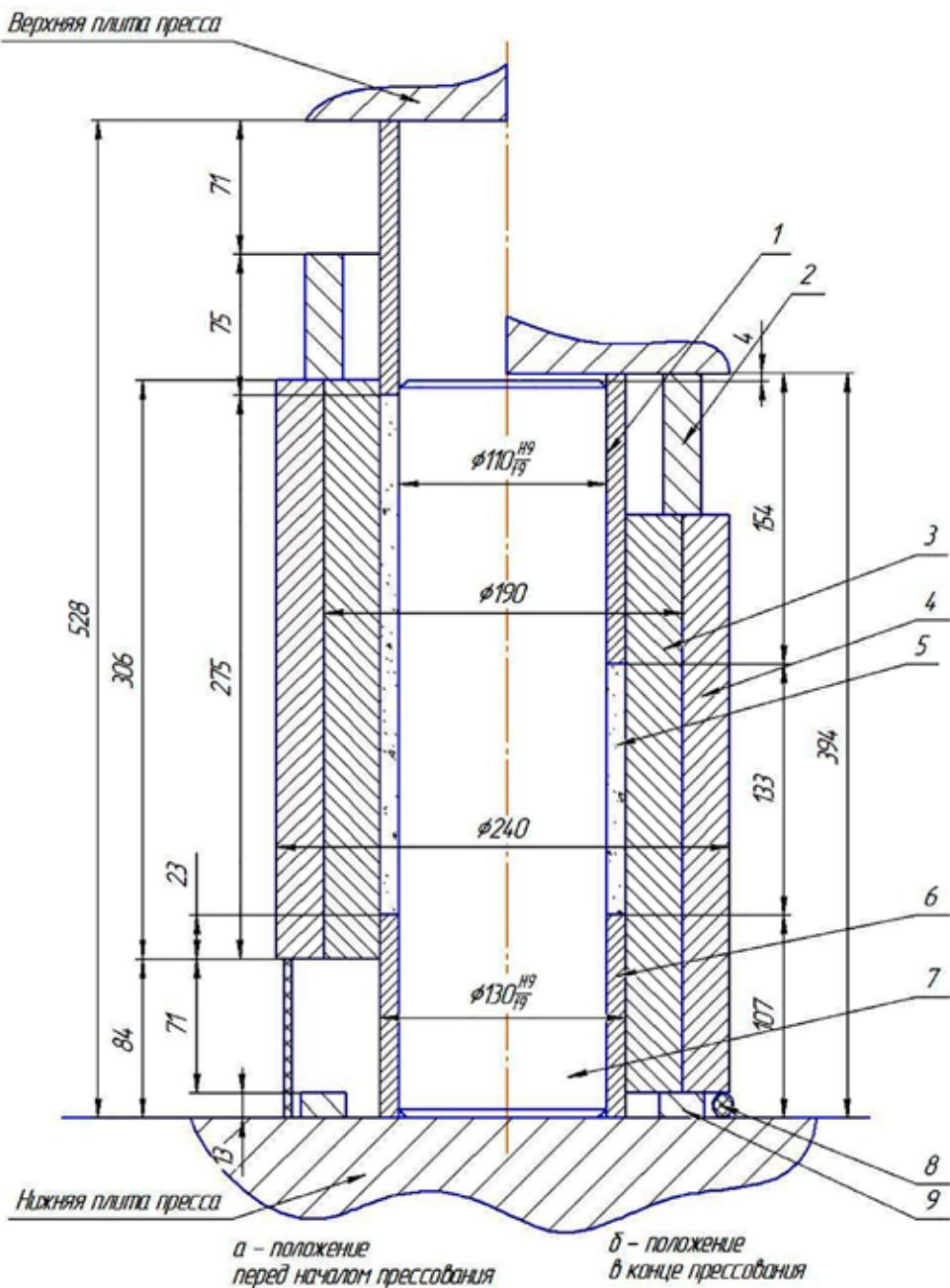


Рис. 5. Пресс-форма СХП порошковой заготовки:
а) положение перед началом прессования, б) положение в конце прессования
Примечание: составлен авторами по результатам исследований

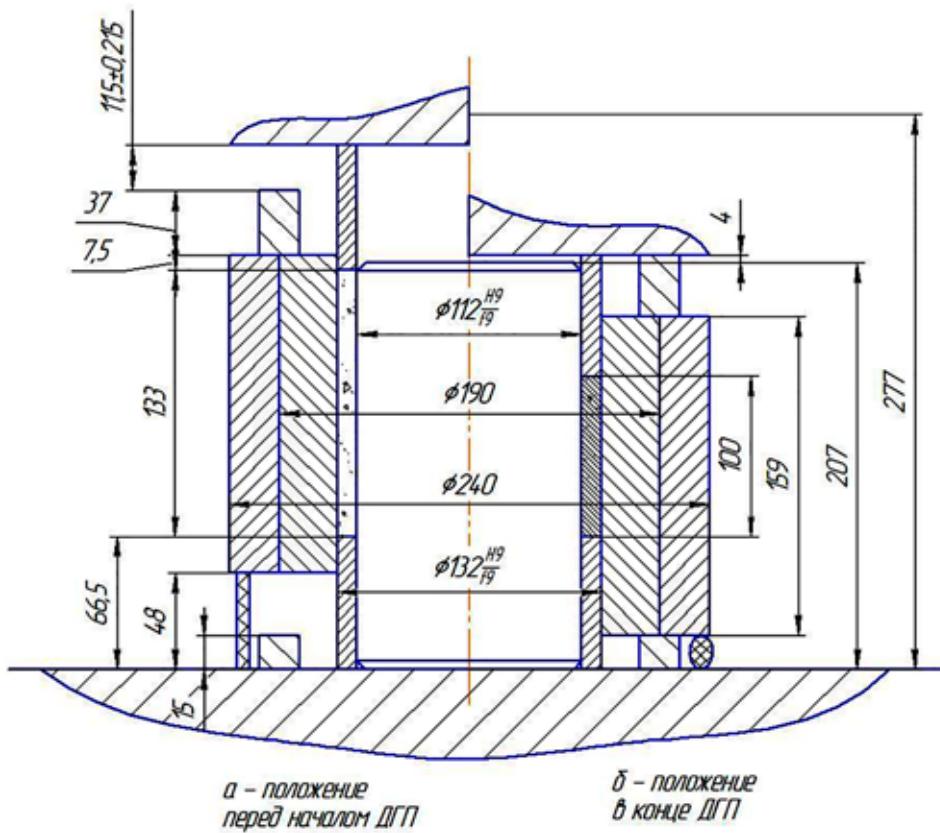


Рис. 6. Штамп ДГП: а) положение перед началом ДГП, б) положение в конце ДГП
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Заключение

В представленной статье разработана и детально обоснована технология изготовления порошковой детали «Втулка» для кормоуборочного комбайна ПЗ3000, сочетающая методы статического холодного прессования (СХП) и динамического горячего прессования (ДГП).

На основе анализа конструкции детали, отнесенной к 3-й группе сложности, была выбрана схема двухстороннего прессования, обеспечивающая равномерное уплотнение порошковой шихты по высоте изделия. В качестве исходного материала использован отечественный диффузионно-легированный железный порошок марки ПЛ-Н2Д2М с добавлением графита ГК-1.

Разработаны и рассчитаны ключевые параметры пресс-форм для обоих этапов:

– для СХП определена пористость заготовки (25 %), ее геометрические размеры, а также конструктивные параметры пuhanсонов, матрицы, упоров и упругих элементов;

– для ДГП выполнены расчеты высоты заготовки, хода пuhanсонов и высотных размеров штампа, обеспечивающие получе-

ние готовой детали с заданной плотностью и геометрией.

Предложенная технология позволяет эффективно управлять процессом формования и уплотнения, минимизировать дефекты и обеспечить высокие эксплуатационные характеристики изделия. Использование плавающей матрицы и упругих элементов в конструкции пресс-формы повышает надежность и повторяемость процесса.

Список литературы

1. Витязь П.А., Ильющенко А.Ф., Савич В.В. Состояние и перспективы развития порошковой металлургии в России, Украине и Беларусь // Доклады 12-го Международного симпозиума «Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка» (г. Минск, 07–09 апреля 2021 г.). Минск: Белорусская наука, 2021. С. 26–80. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=ufnivef> (дата обращения: 06.09.2025).
2. Дорофеев Ю.Г. Становление, формирование и перспективы развития Новочеркасской научной школы в области изучения функциональных порошковых материалов // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2008. № 1. С. 50–55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11670813> (дата обращения: 06.09.2025).
3. Ильющенко Т.А., Севастьянов Е.С., Киреев П.Н. Высокоплотные порошковые стали и технологии изготовления

из них конструкционных деталей сложной формы // 50 лет порошковой металлургии Беларуси. История, достижения, перспективы: сб. науч. тр. Минск, 2010. 632 с. URL: <https://www.science.by/upload/iblock/810/81070752d299e4ddeda2f5f963c45427.pdf> (дата обращения: 06.09.2025).

4. Dorofeev V.Y., Sviridova A.N., Berezhnoy Y.M., Bessarabov E.N., Kochkarova K.S., Pustovoit V.N., Sviridova S.V. Structure and properties of hot-deformed powder steels microalloyed by aluminium. IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 862. P. 022045. URL: https://www.researchgate.net/publication/341710862_Structure_and_properties_of_hot-deformed_powder_steeels_microalloyed_by_aluminium (дата обращения: 16.09.2025). DOI: 10.1088/1757-899X/862/2/022045.

5. Егоров М.С. Научно-технологические принципы межчастичного сращивания спеченных и горячедеформированных порошковых сталей, модифицированных ультрадисперсными частицами // Материалы 16-й Междунар. науч.-техн. конференции «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка» (г. Минск, 22–24 мая 2024 г.). Минск: Белорусская наука, 2024. С. 63–67. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68510053> (дата обращения: 04.11.2025).

6. Erden M.A., Yaşar N., Korkmaz M.E., Ayvacı B., Nîmel Sworna Ross K., Mozammel M. Investigation of microstructure, mechanical and machinability properties of Mo-added steel produced by powder metallurgy method // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. Vol. 114. P. 2811–2827. URL: https://www.researchgate.net/publication/350893675_Investigation_of_microstructure_mechanical_and_machinability_properties_of_Mo-added_steel_produced_by_powder_metalurgy_method (дата обращения: 09.09.2025). DOI: 10.1007/s00170-021-07052-z.

7. Eremeeva Z.V., Ter-Vaganyants Y.S., Sharipzyanova G.K. et al. Investigation of Sintering Process of Powder Steel SP60KhN4D2M with Various Plasticizers and Alloying Additives in Original Charge // Inorg. Mater. Appl. 2023. Res. 14. 1094–1101. URL: https://www.researchgate.net/publication/377353338_Investigation_of_Sintering_Process_of_Powder_Steel_SP60KhN4D2M_with_Various_Plasticizers_and_Alloying_Additives_in_Original_Charge. (дата обращения: 09.09.2025). DOI: 10.1134/S2075113323040123.

8. Türkmen M., Karabulut H., Erden M.A., Gündüz S. Effect of TiN addition on the microstructure and mechanical properties of Pm steels // Technological Applied Sciences. 2017. Vol. 12. P. 78–184. URL: https://www.researchgate.net/publication/320697358_EFFECT_OF_TIN_ADDITION_ON_THE_MICROSTRUCTURE_AND_MECHANICAL_PROPERTIES_OF_PM_STEELS (дата обращения: 30.09.2025). DOI: 10.12739/nwsa.2017.12.4.2a0125.

9. Özdemirler D., Gündüz S., Erden M. Influence of NbC addition on the sintering behaviour of medium carbon PM steels // Metals. 2017. Vol. 7 (4). P. 121. DOI: 10.3390/met7040121.

10. Rathore S.S., Salve M.M., Dabhade V.V. Effect of molybdenum addition on the mechanical properties of sinter-forged Fe–Cu–C alloys // Journal of Alloys Compounds. 2015. Vol. 649. P. 988–995. URL: https://www.researchgate.net/publication/282634726_Effect_of_Molybdenum_Addition_on_the_Mechanical_Properties_of_Sinter-forged_Fe-Cu-C_Alloys (дата обращения: 09.09.2025). DOI: 10.1016/j.jallcom.2015.07.156.

11. Kulkarni H., Dabhade V.V. Green machining of powder-metallurgy-steels (PMS): an overview // Journal of Manufacturing Process. 2019. Vol. 44. P. 1–18. URL: https://www.researchgate.net/publication/345450034_Green_machining_of_powder-metallurgy-steels_PMS_An_overview (дата обращения: 09.09.2025). DOI: 10.1016/j.jmapro.2019.05.009.

12. Egorov M.S., Egorova R.V., Meskhi B.Ch., Egorov S.N. Development of the contact surface during sintering of powder steels // Metallurgist. 2023. Vol. 66. P. 1263–1272. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11015-023-01440-4> (дата обращения: 06.10.2025).

13. Hellenbrand G., Mevissen D., Brimmers J., Brecher C. Stressability of PM-Gears under Consideration of Local Porosity // J. Jpn. Soc. Powder Metallurgy. 2025. Vol. 7. P. 1195–1202. URL: https://www.researchgate.net/publication/389877046_Stressability_of_PM-Gears_under_Consideration_of_Local_Porosity (дата обращения: 06.10.2025). DOI: 10.2497/jjspm.16C-T11-03.

14. Egorov M.S., Egorova R.V., Kovtun M.V. Influence of carbon content on the formation of a contact interparticle surface during hot post-pressing // Safety of Technogenic and Natural Systems. 2023. Vol. 7 (2). P. 90–101. URL: https://www.researchgate.net/publication/371391080_Influence_of_Carbon_Content_on_theFormation_of_a_Contact_Interparticle_Surface_during_Hot_Post-Pressing (дата обращения: 06.10.2025). DOI: 10.23947/2541-9129-2023-7-2-90-101.

15. Дьячкова Л.Н. Порошковые материалы на основе железа с повышенными механическими и триботехническими свойствами: монография. Минск: Белорусская наука, 2020. 204 с. URL: <https://library.bntu.by/wp-content/uploads/2024/01/sod-96.pdf?ysclid=mj7htr0xhl728878711> (дата обращения: 04.11.2025).

16. Hojati M., Gierl-Mayer C., Danninger H. Impact Fracture Behaviour of Powder Metallurgy Steels Sintered at Different Temperatures // Berg Huettenmaenn Monatsh. 2024. Vol. 169. P. 132–139. URL: https://www.researchgate.net/publication/377624188_Impact_Fracture_Behaviour_of_Powder_Metallurgy_Steels_Sintered_at_Different_Temperatures_Einfluss_der_Sintertemperatur_auf_das_Schlagbruchverhalten_von_pulvermetallurgischen_Stählen (дата обращения: 04.11.2025). DOI: 10.1007/s00501-024-01428-w.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 624.07:519.6/7
 DOI 10.17513/snt.40646

ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ НА ВОДОПРОНИЦАЕМОМ НАКЛОННОМ ОСНОВАНИИ

¹Качаев А.Е. ORCID ID 0000-0001-6840-2477,

²Хитров Я.И. ORCID ID 0009-0005-1115-1837,

²Сорока В.В. ORCID ID 0009-0009-6990-3666

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения
 «Радуга», Радужный, Российской Федерации, e-mail: doctor_cement@mail.ru;

²Коломенский институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного
 учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», Коломна,
 Российской Федерации

Численные методы исследования напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин помогают определять в процессе их эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла реальное состояние и уровень безопасности. Результаты этих численных моделей необходимо анализировать и верифицировать с существующими аналитическими методами определения параметров напряженно-деформированного состояния. В исследовании верификация численной модели грунтовой плотины производится в соответствии со свойствами модели Мора – Кулона. Целью настоящего исследования является сравнительный анализ результатов численного моделирования с аналитическими расчетами напряженно-деформированного состояния зонированной грунтовой плотины, расположенной на водопроницаемом однородном наклонном основании. В процессе исследования используются численные методы расчета, которыми обладает программный комплекс GTS NX 2022 R1. В исследовании представлено сравнение результатов, полученных при моделировании объекта гидротехнического назначения численными методами по параметрам порового давления, суммарных перемещений и эквивалентных деформаций, с аналитическими расчетами этих параметров, обозначенными в нормативных документах. Установлено, что расхождения между исследуемыми показателями, полученными численными методами и аналитическим расчетами, существуют. Определено, что при этом их величины с учетом статистической погрешности можно считать удовлетворительными. Установлено, что, несмотря на то, что максимальное расхождение численных расчетов по поровому давлению, перемещениям и деформациям не превышает 8,51 %, данный комплекс можно применять в геотехнических расчетах.

Ключевые слова: наклонное основание, напряженно-деформированное состояние, поровое давление, деформация, перемещение, верификация

VERIFICATION OF NUMERICAL MODELING RESULTS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF AN EARTH DAM ON A PERMEABLE INCLINED FOUNDATION

¹Kachaev A.E. ORCID ID 0000-0001-6840-2477,

²Khitrov Ya.I. ORCID ID 0009-0005-1115-1837,

²Soroka V.V. ORCID ID 0009-0009-6990-3666

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Supply Systems “Raduga”, Raduzhny, Russian Federation, e-mail: doctor_cement@mail.ru;

²Kolomensky Institute (branch), Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Moscow Polytechnic University”, Kolomna, Russian Federation

Numerical methods for studying the stress-strain state of earth dams help determine their actual condition and safety level throughout their lifecycle. The results of these numerical models must be analyzed and verified against existing analytical methods for determining stress-strain state parameters. In this study, the numerical model of an earth dam is verified in accordance with the properties of the Mohr-Coulomb model. The objective of this study is to compare the results of numerical modeling with analytical calculations of the stress-strain state of a zoned earth dam located on a permeable homogeneous inclined foundation. The study utilizes numerical calculation methods available in the GTS NX 2022 R1 software package. The study compares the results obtained by numerically modeling a hydraulic structure using pore pressure, total displacements, and equivalent strain parameters with analytical calculations of these parameters specified in regulatory documents. It was established that discrepancies exist between the studied parameters obtained by numerical methods and analytical calculations. However, their values, taking into account statistical error, can be considered satisfactory. It was established that, despite the fact that the maximum discrepancy between the numerical calculations for pore pressure, displacements, and deformations does not exceed 8.51 %, this system can be used in geotechnical calculations.

Keywords: inclined base, stress-strain state, pore pressure, deformation, displacement, verification

Введение

Использование численных методов моделирования (расчета) в инженерной практике строительства и мелиорации позволяет быстро определять устойчивость гидротехнических объектов во времени, эффективно и дискретно устанавливать их прочностные параметры в процессе эксплуатации и тем самым обеспечивать безопасность функционирования при их ремонте на протяжении всего жизненного цикла [1, с. 62].

Применение метода конечных элементов (МКЭ) в гидротехнике обеспечивает детальный анализ распределения напряжений и деформаций в теле грунтовой плотины, что является критически важным для предотвращения аварийных ситуаций и разрушений подобного рода сооружений [2, с. 6–7]. При различных гидравлических нагрузках в теле грунтовой плотины формируется напряженно-деформированное состояние, способное приводить к неправильной эксплуатации и потенциальному выходу из строя всей гидротехнической системы обустройства водохранилища [3; 4, с. 8].

В настоящее время для оценки устойчивости и деформаций грунтовых плотин применяются два основных подхода: аналитические методы и численные методы моделирования напряженно-деформированного состояния. Аналитические методы основаны на упрощенных теоретических моделях и позволяют получить быстрое приближенное решение. Однако такие методы могут не учитывать многих факторов, влияющих на реальное поведение сооружения. Численные методы, в свою очередь, предоставляют более детализированное описание процессов, благодаря возможности учитывать сложные геометрии, неоднородности грунтов и нелинейные свойства материалов. При этом численные методы требуют значительных вычислительных ресурсов и могут быть подвержены погрешностям за счет выбора модели и параметров [5]. Верификация численных моделей путем сравнения их результатов с аналитическими решениями или экспериментальными данными является необходимым этапом для подтверждения их достоверности и адекватности. Без такой проверки применение численных методов в инженерной практике может привести к ошибочным выводам и потенциальным рискам для безопасности сооружений.

Цель исследования заключается в проведении сравнительного анализа результатов численного моделирования с аналитическими расчетами напряженно-деформированного состояния (НДС) зонированной грунтовой плотины (по показателям порового давления, перемещений и дефор-

маций в теле плотины), расположенной на водопроницаемом однородном наклонном основании.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовались методы численного моделирования с применением программного обеспечения GTS NX от компании Midas (версия GTS NX 2022 R1). Данный комплекс в России считается сертифицированным и верифицированным. Однако по опыту производства расчетов [6] в данной программе имеются сведения о необходимости проведения дополнительных расчетов, подтверждающих результаты численных расчетов в этом программном комплексе. Результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта в последующем верифицировались с известными аналитическими методами расчета параметров напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин [7, с. 402]. Программный комплекс позволяет реализовать метод конечных элементов, который широко используется в геотехнической инженерии [6, с. 25–27].

Моделирование проводилось для случаев максимальных динамических (и статических) нагрузок, возникающих в результате удерживания максимального уровня воды в водохранилище. Рассмотрено для верификации напряженно-деформированное состояние плотины при максимальном уровне воды (НПУ).

Верификация результатов численного моделирования грунтовой плотины с ядром на наклонном водопроницаемом основании относительно порового давления проводилась в соответствии с нормативным документом [8, Приложение А]. Учитывались условия для консолидированного расчета фильтрации в исследуемом объекте.

Верификация перемещений и деформаций грунтов при нагружении для различных зон плотины относительно заданной при численном моделировании модели Мора – Кулона [8] осуществлялась путем сравнения результатов численного моделирования с данными лабораторных штамповых испытаний образцов, полученных при бурении скважин на исследуемой плотине в соответствии с нормативными документами [9–11].

Объектом исследования является грунтовая плотина с непроницаемым (железобетонным) ядром на водопроницаемом наклонном основании, входящая в состав мелиоративной системы, расположенной в Куменском районе Кировской области (срок эксплуатации плотины более 50 лет).

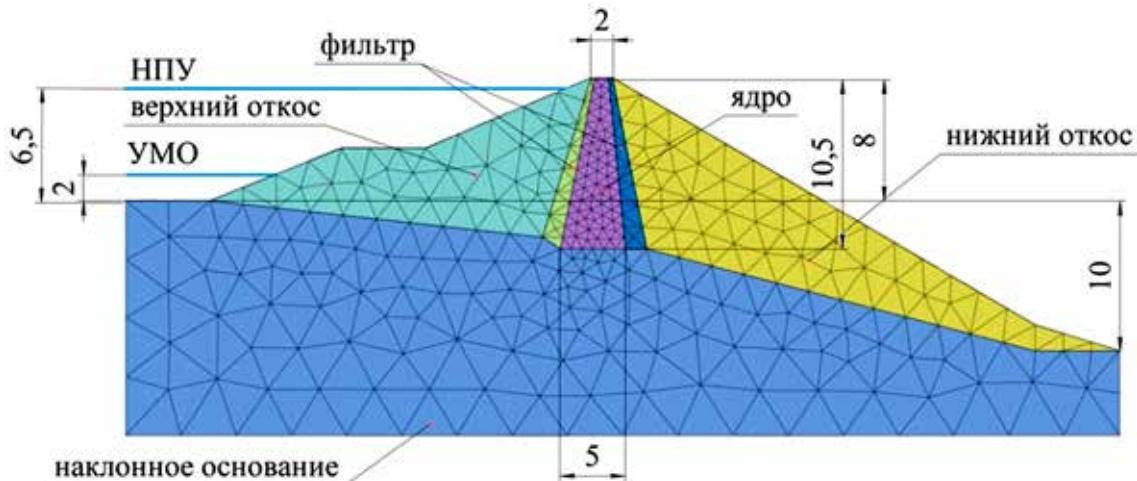


Рис. 1. Расчетная модель гидротехнического сооружения в конечных элементах
Примечание: составлен авторами по чертежам исследуемого объекта

Таблица 1
Физико-механические свойства грунтов исследуемой плотины

Параметры	Величина			
	Наклонное основание	Откосы	Ядро	Фильтр
1	2	3	4	5
Удельный вес грунта при естественной влажности, кН/м ³	17	16	22	18
Удельный вес грунта в водонасыщенном состоянии, кН/м ³	21	20	25	22
Начальный коэффициент пористости	0,5	0,5	0,5	0,5
Эффективный модуль Юнга, кН/м ²	$50 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$
Коэффициент Пуассона	0,3	0,33	0,35	0,3
Модуль сдвига, кН/м ²	$19,23 \cdot 10^3$	7519	555.600	$19,23 \cdot 10^3$
Касательный одометрический модуль деформации, кН/м ²	$6,73 \cdot 10^3$	$29,63 \cdot 10^3$	2407	$6,73 \cdot 10^3$
Параметр референсного давления, кН/м ²	1	5	5	1
Угол внутреннего трения, рад	35	31	0	35
Угол дилатансии, рад	5	1	0	5
Скорость прохождения поперечных волн, м/с	105,3	67,9	18,46	106,2
Скорость прохождения продольных волн, м/с	197,1	134,8	38,42	198,2
Коэффициент фильтрации по оси X	0,01	1	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,01
Коэффициент фильтрации по оси Y	0,01	1	$0,1 \cdot 10^{-3}$	0,01
Глубинный параметр неравномерности распределения дилатансии, м	$10 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$
Удельный параметр неравномерности распределения дилатансии, 1/м	$5,33 \cdot 10^{-6}$	$0,13 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-3}$	$5,72 \cdot 10^{-5}$
Реологический модуль	$1000 \cdot 10^{12}$	$1000 \cdot 10^{12}$	$1000 \cdot 10^{12}$	$1000 \cdot 10^{12}$

Примечание: составлена авторами по результатам инженерно-геологических изысканий.

Результаты исследования и их обсуждение

Расчетная модель гидротехнического сооружения в конечных элементах представлена на рис. 1. Модель состоит из слоев

грунта с различными физико-механическими характеристиками, показанными в табл. 1, которые были взяты из инженерно-геологических изысканий перед началом реконструкции гидротехнического объекта.

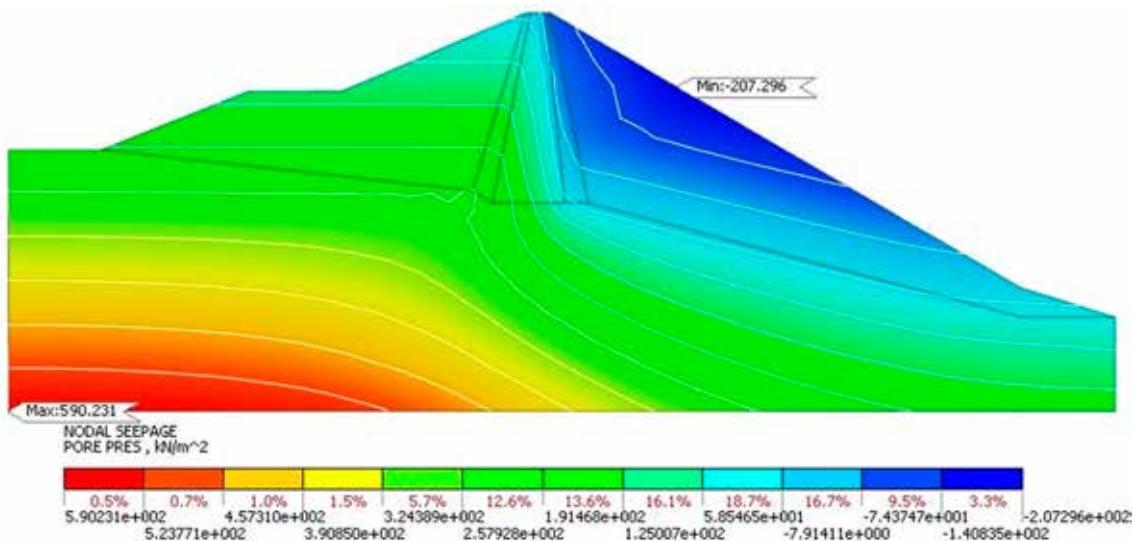


Рис. 2. Изополя порового давления в грунтовой плотине при НПУ
Примечание: составлен авторами в программном комплексе GTS NX

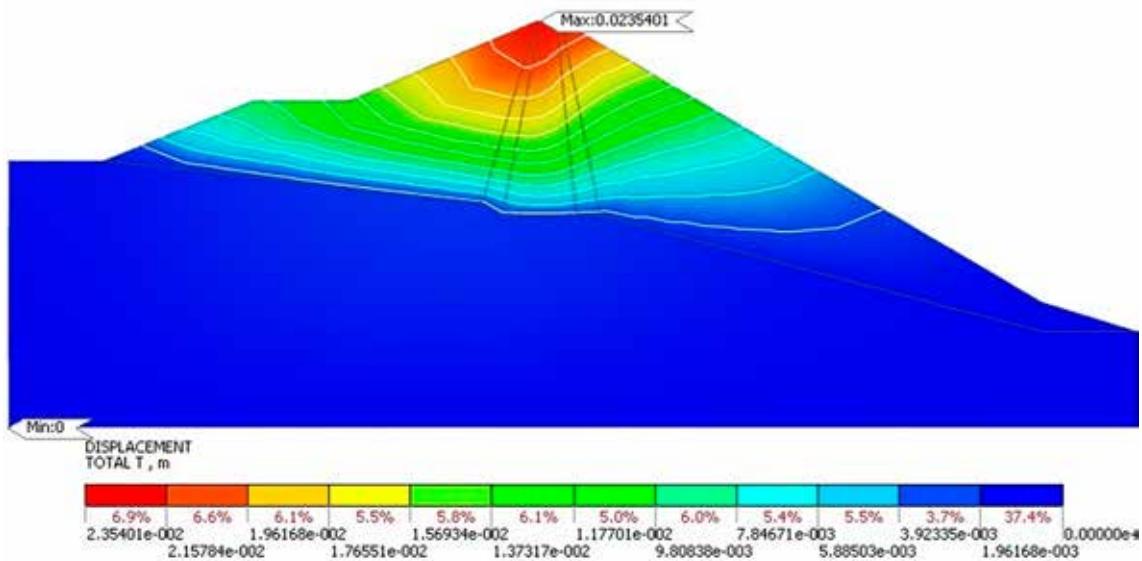


Рис. 3. Суммарные перемещения в грунтовой плотине при полном водохранилище (НПУ)
Примечание: составлен авторами в программном комплексе GTS NX

Величина порового давления может свидетельствовать о насыщенности водой участков или наличии потенциальных зон ослабления устройства плотины, что увеличивает риск деформаций или разрушений гидротехнического объекта.

На рис. 2 и 3 показаны стадии НДС плотины в зависимости от порового давления в различных ее зонах. Максимальные значения порового давления возникают в наклонном основании плотины – в левом нижнем углу для НПУ – 590,231 кН/м². Минимальные значения полного порового давления возникают в верхней части нижнего откоса для НПУ – «минус» 207,31 кН/м².

Изополя перемещений и деформаций в зонированной грунтовой плотине в момент ее максимально напряженного состояния показаны на рис. 3 и 4 (при полном водохранилище) и рис. 5 соответственно.

На рис. 3 по результатам численного моделирования в момент максимального нагружения грунтовой плотины наглядно видно, что максимальные суммарные перемещения по большей степени происходят в гребне (в верхней части тела) плотины (0,0321 м), а наклонное основание при этом испытывает минимальные перемещения (значения перемещений близки к значению нуля).

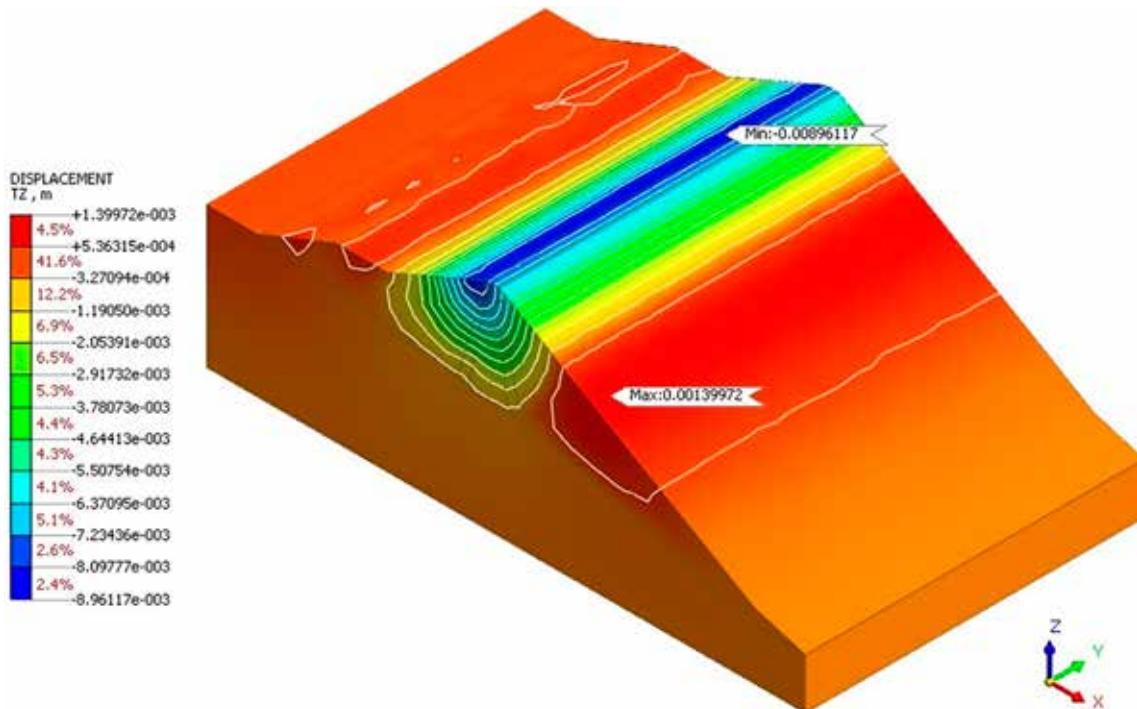


Рис. 4. Локальные перемещения в грунтовой плотине при понижении уровня воды (ось Z)
Примечание: составлен авторами в программном комплексе GTS NX

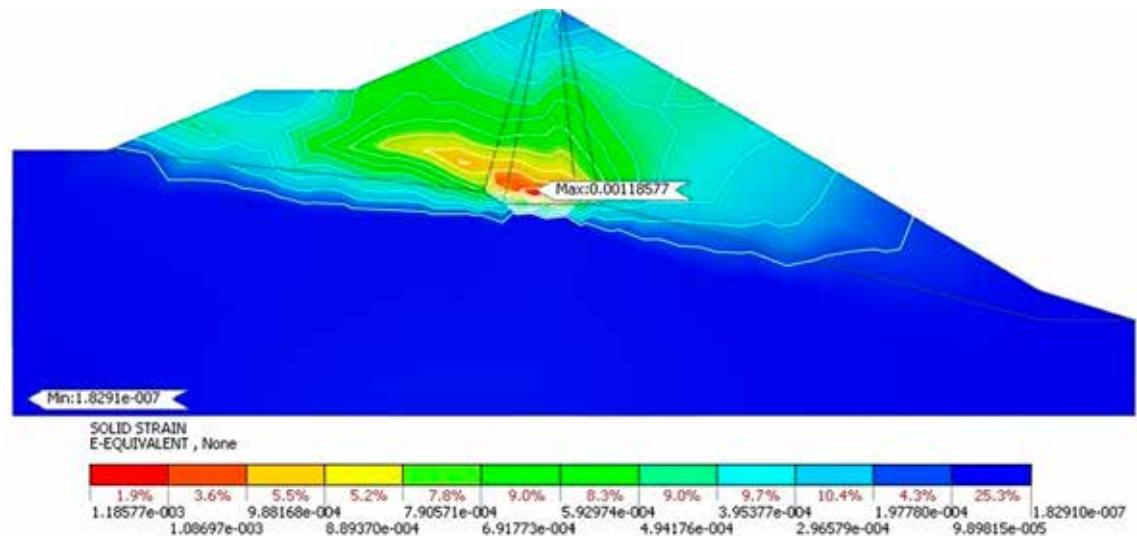


Рис. 5. Эквивалентные относительные деформации в теле грунтовой плотины при НПУ
Примечание: составлен авторами в программном комплексе GTS NX

На рис. 4 показаны перемещения в теле грунтовой плотины в процессе понижения уровня воды в водохранилище от НПУ до УМО. При этом следует обратить внимание на «красную» зону, показанную на рис. 4, в которой появляются признаки возможного обрушения низового откоса (выпирание низового откоса – перемещение вдоль глобальной оси Z положительно).

Анализ деформаций в объемных элементах, показанный на рис. 5, сопоставим

с численными результатами полученных перемещений (рис. 3). Начало образования напряженной зоны на низовом откосе (рис. 4 – «красная зона») в величинах деформации в объемных элементах также свидетельствует о возможной зоне обрушения при нагрузках, образованных от переполненного водохранилища (тогда проводятся расчеты на устойчивость откосов гидротехнического сооружения [12, 13]).

Таблица 2

Верификация результатов численного и аналитического расчетов порового давления, перемещений и деформаций для исследуемого объекта

Наименование параметра	Приложенные усилия, кН		Напряжения, кН/м ²		Отклонение, %
<i>Поровое давление</i>					
	[8, Приложение А]	GTS NX	[8, Приложение А]	GTS NX	
Вертикальная нагрузка от силы тяжести грунта тела плотины на основание	1525	1525	—	—	—
Горизонтальная нагрузка от НПУ водохранилища	490	490	—	—	—
Максимальное поровое давление	—	—	612,51	590,23	-3,64
Минимальное поровое давление	—	—	-224,23	-207,29	-7,56
<i>Суммарные перемещения</i>					
	Приложенные усилия, кН		Перемещения, м		Отклонение, %
	Штамповые испытания	GTS NX	Штамповые испытания	GTS NX	
Максимальные суммарные перемещения (осадка)	—	—	0,0255	0,0235	-8,51
<i>Эквивалентные относительные деформации</i>					
	Приложенные усилия, кН		Деформации, доли процентов		Отклонение, %
	Штамповые испытания	GTS NX	Штамповые испытания	GTS NX	
Максимальная относительная деформация в вертикальной плоскости – зона сжатия грунта (оценка по осадке)	—	—	12,25·10 ⁻⁴	11,85·10 ⁻⁴	-3,14
Минимальная относительная деформация в вертикальной плоскости – зона сжатия грунта (оценка по осадке)	—	—	16,91·10 ⁻⁶	18,29·10 ⁻⁶	7,55

Примечание: составлена авторами по результатам аналитических расчетов параметров

Ввиду того, что решатель программы для всех случаев водопонижения воды в водохранилище использует одну модель грунтового напряженного состояния Мора – Кулона, верификация производилась для объекта с максимальным уровнем воды в водохранилище.

Результаты аналитических расчетов показателей в сравнении с результатами, полученными в численной модели плотины, будем считать за 100 %. Результаты аналитических расчетов верифицируемых параметров с численной моделью исследуемой плотины, полученной в программном комплексе GTS NX компании MIDAS, представлены в табл. 2.

Анализ результатов верификации по приведенным параметрам в табл. 2 говорит о том, что по всем анализируемым показателям в численной модели плотины

в сравнении с аналитическим расчетом их величины «занижены». Так, например, для параметра порового давления это занижение варьируется в пределах 3,64–7,56 %, что можно считать удовлетворительным в рамках статистической погрешности в 3 % [14, 15]. При сравнении отклонения результатов расчета по параметрам перемещений и деформаций в плотине этот показатель находится в пределе от 3,14 до 8,51 %. Для расчетов показателей подобного типа считаем результаты по всем параметрам удовлетворительными.

Заключение

Численно выполнен расчет напряжено-деформированного состояния (поровое давление, перемещения и деформации) рассматриваемого гидротехнического объекта при максимальном уровне воды в во-

дохранилище. Результаты верификации параметров напряженно-деформированного состояния исследуемой плотины считаем удовлетворительными. Максимальные показатели расхождения в верифицируемых данных численного и аналитического расчетов наблюдаются при анализе значений перемещений по гребню плотины – «минус» 8,51 %, что можно считать по численному моделированию таких параметров удовлетворительным с учетом статистической погрешности исследования равной 3 % (но требующим обязательной верификации по аналитическим методикам расчета осадки гребня плотины).

Практическая значимость исследования заключается в применении и проверке представленной методики верификации численных и аналитических расчетов параметров НДС грунтовых плотин инженерами-геотехниками.

Данные настоящего исследования, полученные в ходе численного моделирования объекта гидротехнического назначения, критически важны для проектирования при его реконструкции или капитальном ремонте. Параметры напряженно-деформированного состояния плотины, рассчитанные с помощью программных комплексов, верифицированных в нашей стране надзорными органами, позволяют принять обоснованные решения, направленные на повышение безопасности и надежности гидротехнического сооружения, особенно с учетом его длительной эксплуатации в любое время его жизненного цикла.

Список литературы

- Симонович О.С., Снежко В.Л., Козлов Д.В. Периодичность ремонта низконапорных грунтовых плотин для сохранения их уровня безопасности // Природообустройство. 2020. № 1. С. 59–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/periodichnost-remonta-nizkonapornyh-gruntovyh-plotin-dlya-sohraneniya-ih-urovnya-bezopasnosti/viewer> (дата обращения: 07.10.2025). DOI: 10.26897/1997-6011/2020-1-59-65.
- Беллендир Е.Н., Липовецкая Т.Ф., Радченко В.Г., Сапегин Д.Д. Рекомендации российских нормативных документов по обеспечению надежности грунтовых плотин // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2000. Т. 238. С. 5–14. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_9589909_20050790.pdf (дата обращения: 07.10.2025).
- Титова Т.С., Лонгбарди А., Ахтямов Р.Г., Насырова Э.С. Срок эксплуатации грунтовых плотин // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 1 (69). С. 34–43. URL: [https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2017/1\(69\)/03.pdf](https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2017/1(69)/03.pdf) (дата обращения: 07.10.2025). DOI: 10.18720/MCE.69.3.
- Качаев А.Е., Турапин С.С. Особенности реконструкции земляных плотин мелиоративных систем // Наука и мир. 2024. № 3. С. 6–10. URL: <https://w-science.com/ru/nauka/article/92073/view> (дата обращения: 07.10.2025). DOI: 10.26526/2307-9401-2024-3-6-10.
- Бурцев Р.В., Манухин А.В. Программный комплекс midas gts nx в расчете напряженно-деформированного состояния системы основание – сооружение // Оригинальные исследования. 2020. Т. 10. № 4. С. 10–16. URL: https://ores.su/media/filer_public/7e/77/7e7732cf-c786-43c7-bd33-5f009de1b75d/2_programmnyi_kompleks_midasgtsnx_v_raschete_napravlenno_deformirovannogo_sostoianiia_sistemy_osnovanie-sooruzhenie.pdf (дата обращения: 07.10.2025).
- Крутов Д.А. Гидротехнические сооружения: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2025. 238 с. URL: <https://urait.ru/bcode/567034> (дата обращения: 07.10.2025). ISBN 978-5-534-12898-7.
- Ким М.С., Селезнева В.Н., Волков С.Н. Базовые модели расчета песчаных и глинистых грунтов в программном комплексе MIDAS GTS NX // Высокие технологии в строительном комплексе. 2023. № 1. С. 24–29. URL: [https://ccgeu.ru/upload/science/nauchnye-izdaniya/vysokie-tehnologii-ekologiya/2023%20\(1\)%20VYSOKIE%20TEHNOLOGII%20B%20CSTROITELNOM%20KOMPLEKSE.pdf](https://ccgeu.ru/upload/science/nauchnye-izdaniya/vysokie-tehnologii-ekologiya/2023%20(1)%20VYSOKIE%20TEHNOLOGII%20B%20CSTROITELNOM%20KOMPLEKSE.pdf) (дата обращения: 07.10.2025).
- Козловский Е.Я., Журавков М.А. Определение и верификация параметров расчетной модели соляных пород с учетом разупрочнения и ползучести // Записки Горного института. 2021. Т. 247. С. 33–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-i-verifikatsiya-parametrov-raschetnoy-modeli-solyanyh-porod-s-uchetom-razuprochneniya-i-polzuchesti/viewer> (дата обращения: 08.10.2025). DOI: 10.31897/PMI.2021.1.4.
- СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов / Минстрой России. М.: Стандартинформ, 2012. 100 с.
- СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85: Свод правил. Утв. Приказом Минстроя России от 13.08.2018 № 513/пр; введен в действие с 14.02.2019. М.: Стандартинформ, 2019. 85 с.
- ГОСТ 22733-2016. Грунты. Методы определения максимальной плотности / Разработан ООО «ЦНИИЭПжилища»; введ. 01.01.2017. М.: Стандартинформ, 2017. 10 с.
- Качаев А.Е. Учет деформаций грунтов насыпных плотин при консолидированных расчетах // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2025. № 48. С. 71–74. URL: <http://srcms.ru/jarits/48/text/14.pdf> (дата обращения: 07.10.2025). DOI: 10.26160/2474-5901-2025-48-71-74.
- Saikia R., Kanti Dey A. Slope stability analysis of slides at Sonapur using strength reduction method. In: Proceedings of Indian geotechnical conference IGC2016, P. 15–17. URL: https://www.researchgate.net/publication/312032142_Slope_stability_analysis_of_slides_at_Sonapur_using_strength_reduction_method (дата обращения: 08.10.2025).
- Воронова Н.С., Бежанов С.Г., Воронов С.А., Хангулян Е.В., Цупко О.Ю., Романов А.И. Анализ и представление результатов эксперимента: Учебно-методическое пособие / Под общ. ред. Н.С. Вороновой. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. 120 с. URL: http://library.mephi.ru/pdf/tunnel.php?221FAMILY=%D0%9F%D0%80%D0%BA%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%80&Z21ID=49730&PATH=book-mephi%2FVoronova_Analiz_i_predstavlenie_rezulatov_eksperimenta_2015.pdf (дата обращения: 08.10.2025). ISBN 978-5-7262-2141-0.
- ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017. Статистические методы. Статистическое представление данных. Ч. 4. Выявление и обработка выбросов: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 01.12.2018. М.: Стандартинформ, 2017. 54 с.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 004.4:004.6
 DOI 10.17513/snt.40647

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СОВМЕСТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ГЕОПОРТАЛА

Климонов М.С. ORCID ID 0009-0008-3176-8684

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук,
 Иркутск, Российской Федерации, e-mail: mihail.klimonov@gmail.com*

Современные геопорталы предоставляют пользователям широкий набор сервисов для работы с пространственными данными, однако разнообразие этих инструментов затрудняет выбор подходящего сервиса под конкретную задачу. В связи с этим возникает необходимость внедрения рекомендательной системы, способной персонализировать подбор сервисов для пользователей. Целью настоящего исследования является разработка и сравнительная оценка алгоритмов рекомендательной системы для построения научных процессов обработки пространственных данных геопортала на основе методов совместной фильтрации. В работе использованы реальные данные о взаимодействиях пользователей с сервисами, на основе которых сформирована разреженная матрица «пользователь – сервис». Оценка эффективности алгоритмов производилась с использованием общепринятых метрик точности, полноты и качества ранжирования. В рамках исследования реализованы и проанализированы 14 алгоритмов рекомендаций различных классов: от простых неперсонализированных до гибридных и нейросетевых моделей. Выявлено, что наилучшие результаты демонстрируют гибридные методы, в частности алгоритм, объединяющий подходы на основе сходства пользователей и объектов и оптимизирующий качество ранжирования. Разработанная система рекомендаций повышает релевантность предложений для пользователей и может служить эффективным инструментом поддержки научной деятельности на геопортале за счет персонализированного подбора сервисов.

Ключевые слова: коллаборативная фильтрация, рекомендательная система, сервисы обработки данных, метод ближайших соседей, геопортал

APPLICATION OF COLLABORATIVE FILTERING METHODS IN THE RECOMMENDER SYSTEM OF THE GEOPORTAL

Klimonov M.S. ORCID ID 0009-0008-3176-8684

Federal State Budgetary Institution of Sciences «Institute of System Dynamics and Control Theory named after V.M. Matrosov» of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: mihail.klimonov@gmail.com

Modern geoportsals offer users a wide range of services for working with spatial data; however, the diversity of available tools complicates the selection of an appropriate service for a specific task. This creates the need for a recommender system capable of personalizing the service selection process. The aim of this study is to develop and comparatively evaluate algorithms for a recommender system that supports scientific workflows for spatial data processing on a geoportal, using collaborative filtering methods. The study is based on real user-service interaction data, from which sparse user-service matrix was constructed. The effectiveness of the algorithms was assessed using standard metrics of precision, recall, and ranking quality. Fourteen recommendation algorithms of various types were implemented and analyzed, ranging from simple non-personalized models to hybrid and neural network approaches. The results indicate that hybrid methods perform best, particularly the algorithm combining user- and item-based approaches with ranking optimization. The developed recommender system improves the relevance of service suggestions for users and can serve as an effective tool for supporting scientific activities on the geoportal by enabling personalized service selection.

Keywords: collaborative filtering, recommender system, data processing services, k-nearest neighbors method, geoportal

Введение

Геопорталы представляют собой комплексные информационные системы, предоставляющие пользователям доступ к различным сервисам для работы с пространственными данными. На геопортале Института динамики систем и теории управления Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН) разработан широкий набор веб-сервисов [1], позволяющих выполнять поиск, визуализацию и анализ разнообразных данных. Такое

многообразие доступных инструментов, с одной стороны, расширяет возможности пользователя, но с другой – усложняет навигацию и выбор нужного сервиса под конкретную задачу. Возникает необходимость внедрения механизма персонализации, который облегчал бы пользователям поиск релевантных сервисов.

Основными пользователями данного геопортала являются научные сотрудники, применяющие предоставляемые сервисы как по отдельности, так и последовательно

(в виде научных процессов, цепочек вызовов сервисов) для решения прикладных исследовательских задач. На практике было отмечено, что обилие доступных сервисов затрудняет быстрый выбор подходящего инструмента, особенно новых (ранее не использованных) сервисов. В этих условиях актуальной задачей становится разработка рекомендательной системы, способной автоматически предлагать каждому пользователю наиболее подходящие сервисы на основе анализа истории взаимодействий (поведения) и предпочтений без необходимости формулирования поискового запроса [2].

Современные рекомендательные системы строятся на различных методах анализа данных. Наиболее распространены подходы на основе контента, знаний, статистики, правил, а также совместной (коллаборативной) фильтрации (Collaborative Filtering, CF). Методы на основе знаний и статистики можно назвать базовыми, так как они не учитывают скрытых закономерностей (предпочтений) о поведении пользователя на геопортале. Методы на основе контента и метаинформации требуют глубокого погружения в систему понятий геопортала, логику работы самого сервиса для описания, требуют дополнительных затрат ресурсов на валидацию описаний [3, 4]. Методы пользовательской CF используют информацию о поведении пользователей на портале (прошлых взаимодействиях с объектами, например оценки сервисов или факты использования) для выявления скрытых закономерностей и формирования персональных рекомендаций [5, 6].

Преимущество совместной фильтрации состоит в том, что она не требует явного описания содержимого сервисов, а опирается на сходство между пользователями или объектами, выявленное из имеющихся данных о предпочтениях [6]. Например, если два пользователя использовали много одинаковых сервисов, то сервис, который впервые вызван первым пользователем и еще не был вызван вторым, может быть рекомендован второму – исходя из предположения, что у пользователей со схожими интересами будут совпадать и другие предпочтения [7].

Учитывая перечисленные преимущества, в качестве основы для рекомендательной системы выбран подход совместной фильтрации. В более ранней работе [8] был представлен прототип рекомендательной системы для геопортала ИДСТУ СО РАН на базе метода ближайших соседей. Это решение продемонстрировало принципиальную возможность улучшения процесса

поиска сервисов за счет персонализации с помощью колаборативной фильтрации.

Формально задача рекомендации сервисов может быть сведена к ранжированию множества сервисов S для каждого пользователя $u \in U$ согласно некоторой функции релевантности, при этом $|S| = m$, $|U| = n$. Цель – построить функцию представленную в формуле

$$r : U \times S \rightarrow [0, 1],$$

которая для пары «пользователь – сервис» возвращает степень релевантности сервиса данному пользователю (0 означает полное несоответствие потребностям, 1 – максимальную релевантность).

Цель исследования – разработка и экспериментальная оценка системы рекомендаций веб-сервисов обработки пространственных данных для распространения информации (рекомендации тех сервисов, что пользователь еще не использовал, но использовали другие пользователи со схожим научным интересом) на геопортале.

Материалы и методы исследования

Данные и подготовка. На геопортале организован сбор статистики использования сервисов: регистрируется каждое обращение пользователя к сервису (с указанием времени, идентификаторов и пр.). Эти данные о поведении пользователей трансформируются в матрицу «пользователь – сервис» Q , где элементом q_{ij} служит нормированное количество вызовов c_{ij} сервиса s_j пользователем u_i . Таким образом каждый пользователь u_i описывается вектором $q_i = \{q_{i1}, \dots, q_{im}\}$. Полученная матрица взаимодействий является разреженной, поскольку каждый конкретный пользователь использует лишь небольшой поднабор из множества доступных сервисов. Таким образом, на основе накопленных логов использования формируется датасет, служащий исходной информацией для алгоритмов колаборативной фильтрации.

В выборке присутствуют взаимодействия 19 (n) пользователей с 199 (m) различными сервисами (всего зафиксировано 11 055 событий обращения к сервисам). Данные были разбиты на обучающую и тестовую части в соотношении 70/30. При разделении использовался временной принцип: отсортированные по времени взаимодействия первых 70% составили обучающую выборку, а последние 30% – тестовую.

Обучающая выборка позволила алгоритмам зафиксировать существующие закономерности в поведении пользователей и сформировать прогнозные модели предпочтений, тогда как тестовая часть имити-

ровала появление новых взаимодействий, ранее неизвестных системе. Для каждого пользователя на основе обученной модели формировался список наиболее вероятных к использованию сервисов, с которыми он ранее не взаимодействовал. Сформированный список рекомендаций отражает предполагаемые будущие интересы и служит инструментом персонализированного выбора. Сравнение предсказанных рекомендаций с реальными обращениями пользователей из тестовой выборки дало возможность объективно оценить, насколько корректно каждая модель предсказывает будущее поведение и обеспечивает персонализированный выбор сервисов.

Метрики оценки. Для оценки рекомендаций использовались следующие метрики (вычислялись по топ- k рекомендациям для $k = 5, 10, 15$, затем усреднялись).

Точность (Precision@ k): доля рекомендованных элементов из топ- k , которые оказались релевантными (то есть действительно использованы пользователем). Высокое значение Precision@ k означает, что среди рекомендаций мало нерелевантных элементов.

Полнота (Recall@ k): доля релевантных элементов, которые были найдены среди топ- k рекомендаций. Высокое значение Recall@ k означает, что рекомендационная модель покрывает значительную часть предпочтений пользователя.

Полезность (NDCG@ k): Нормализованный кумулятивный прирост полезности (Normalized Discounted Cumulative Gain) – нормализованный дисконтированный кумулятивный выигрыш, учитывающий позицию релевантных элементов в списке рекомендаций. Высокий NDCG@ k означает, что релевантные элементы находятся ближе к началу списка (больший вес у верхних позиций). Значение NDCG нормируется в диапазон [0, 1].

Алгоритмы рекомендации. Всего в рамках исследования реализовано и протестировано 14 алгоритмов рекомендаций – от простых базовых до современных гибридных нейронных моделей. Перечисленные алгоритмы можно сгруппировать по категориям следующим образом:

– *Базовые подходы:* Popular (рекомендует самые популярные в системе сервисы по общей частоте использования) и Random (случайное ранжирование сервисов для каждого пользователя). Эти неперсонализированные стратегии служат ориентирами: модель Popular отражает максимум возможной полноты (Recall) при минимальной персонализации, а Random показывает нижнюю границу качества («без модели»).

– *Memory-based совместная фильтрация:* алгоритм на основе к ближайших соседей (user-based KNN) [6, 9]. Для каждого пользователя находятся несколько наиболее похожих по истории предпочтений пользователей, и ему рекомендуются сервисы, которые уже используются этими «соседями» [10]. В реализации использовался $k = 4$, метрика сходства – евклидово расстояние.

– *Матричная факторизация:* модели SVD, PCA, ALS, WRMF и NMF. Эти методы разлагают матрицу взаимодействий на матрицы меньшей размерности, выявляя скрытые (латентные) факторы пользователей и сервисов. Каждый пользователь и сервис представляются вектором в пространстве этих факторов, а степень интереса определяется, например, скалярным произведением соответствующих векторов. Классические методы SVD (сингулярное разложение матрицы) и ALS (чередующиеся наименьшие квадраты) оценивают латентные характеристики, оптимизируя приближение исходной матрицы рейтингов [4, 11]. Метод NMF (неотрицательное матричное разложение) накладывает неотрицательные ограничения на факторы, облегчая интерпретацию. Вариант WRMF (Weighted Regularized MF) модифицирует ALS для неявной обратной связи, вводя веса уверенности в наблюдаемых взаимодействиях [12, 13]. В целом модельно-ориентированные методы требуют значительных вычислений для обучения, но обеспечивают быстрое прогнозирование рейтингов после обучения.

– *Нейросетевая модель:* NCF (Neural Collaborative Filtering). Этот подход использует многослойный перцептрон для моделирования взаимодействий между пользователями и сервисами. Пользователям и сервисам сопоставляются обучаемые эмбеддинги (векторы признаков), которые объединяются и подаются на вход нейронной сети, предсказывающей вероятность взаимодействия [14]. Обучение NCF проводится на неявных данных (факт использования сервисов) с негативным семплированием и функцией потерь в виде бинарной кроссэнтропии. Нелинейная модель NCF теоретически способна выразить сложные зависимости предпочтений, выходя за рамки линейной гипотезы матричной факторизации.

– *Глубокая гибридная модель:* DeepFM (Deep Factorization Machine). Этот алгоритм сочетает факторизационную модель с глубоким нейронным подходом. Архитектура включает два компонента: FM-часть, которая эффективно моделирует парные взаимодействия признаков (аналогично MF для идентификаторов пользователей и сер-

висов), и глубокую часть (MLP), выявляющую нелинейные взаимосвязи более высокого порядка. DeepFM способен учитывать разнообразные признаки пользователей и объектов (в данном исследовании явно дополнительные признаки не использовались, модель работала только с ID), объединяя преимущества факторизации и глубокого обучения [15].

– *Гибридные методы CF: LightFM и PHCF*. Модель LightFM [16] реализует коллаборативный подход, расширяемый содержательными признаками, и оптимизируется по специальной ранжирующей функции потерь (в данной статье использовалась WARP – Weighted Approximate-Rank Pairwise). PHCF (Personalized Hybrid CF) – персонализированный гибридный подход, комбинирующий предсказания user-based и item-based стратегий [17]. Для каждого пользователя агрегируются оценки, полученные на основе схожести с другими пользователями и на основе сходства сервисов с уже понравившимися ему. В реализованном алгоритме PHCF-BPR обучение латентных факторов выполнено через оптимизацию функции потерь BPR (Bayesian Personalized Ranking) [18], направленной на улучшение качества ранжирования рекомендаций.

– *Комбинированные ансамбли*: методы KNN+LightFM-WARP и KNN+PHCF-BPR объединяют подходы на основе памяти и модели. Окончательный рейтинг рассчитывается как взвешенная сумма скорингов, полученных от KNN и соответствующей

модельно-ориентированной алгоритмической части (LightFM или PHCF). Такая комбинация позволяет учесть одновременно «мнение» похожих пользователей и глобальные паттерны предпочтений, полученные моделью, с целью повысить общую точность рекомендаций.

Результаты исследования и их обсуждение

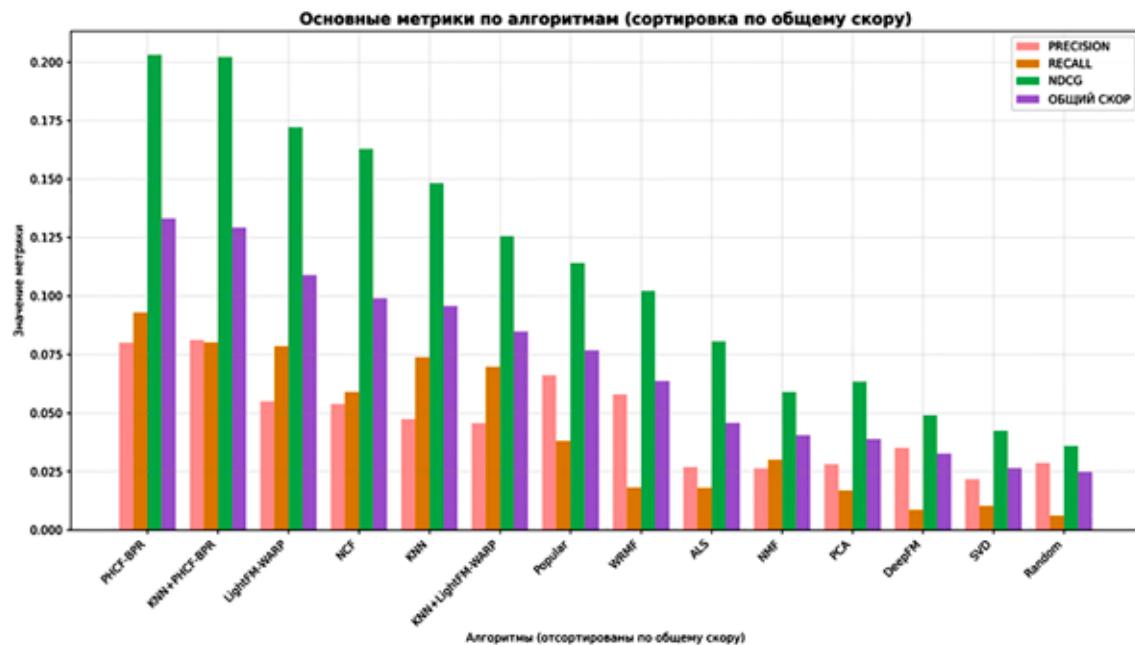
Эксперименты проведены на реальных данных использования геопортала, позволяющих объективно сравнить качество рекомендаций перечисленных алгоритмов. На основе тестовой выборки вычислены средние значения Precision@10, Recall@10 и nDCG@10 для каждой модели (таблица), а также сводный суммарный показатель качества (итоговый скор), рассчитываемый как взвешенная сумма метрик с наибольшим весом у nDCG. Общий скор отражает интегральную эффективность алгоритма, делая основной упор на качество ранжирования рекомендаций.

Итоговый скор складывается по формуле $0.3 \cdot \text{Precision} + 0.3 \cdot \text{Recall} + 0.4 \cdot \text{nDCG}$, отражая больший акцент на качестве ранжирования. Фактически NDCG получил наибольший вес, что соответствует ключевой роли порядка рекомендаций. Корреляционный анализ метрик показывает сильную связь между Recall и NDCG ($r = 0,894$) и умеренную – между Precision и NDCG ($r = 0,798$). Это означает, что модели с высоким NDCG обычно находят больше релевантных элементов (больший Recall).

Результаты сравнения алгоритмов рекомендательных систем

Алгоритм	Precision	Recall	NDCG	Общий скор
PHCF-BPR	0,080	0,093	0,203	0,133
KNN+PHCF-BPR	0,081	0,080	0,202	0,129
LightFM-WARP	0,055	0,079	0,172	0,109
NCF	0,054	0,059	0,163	0,099
KNN	0,047	0,074	0,148	0,096
KNN+LightFM-WARP	0,046	0,070	0,126	0,085
Popular	0,066	0,038	0,114	0,077
WRMF	0,058	0,018	0,102	0,064
ALS	0,027	0,018	0,081	0,046
NMF	0,026	0,030	0,059	0,040
PCA	0,028	0,017	0,063	0,039
DeepFM	0,035	0,009	0,049	0,033
SVD	0,022	0,010	0,042	0,026
Random	0,029	0,006	0,036	0,025

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



Сравнение 14 алгоритмов по метрикам качества рекомендаций:

Precision, Recall и NDCG (усредненные значения)

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Модель PHCF-BPR обеспечила наивысший суммарный скор (0,1331) за счет сбалансированных значений Precision (0,0801), Recall (0,0929) и особенно высокого NDCG (0,2031). Гибрид KNN+PHCF-BPR занял второе место (0,1293) с наилучшим значением Precision (0,0813) и почти таким же высоким NDCG (0,2021). Третью позицию занял LightFM-WARP (общий скор 0,1089). Напротив, классические методы и нейросетевые модели показали существенно более низкие результаты: так, NCF набрал суммарный скор 0,0990, уступив LightFM-методам и находясь на уровне простого KNN (0,0957), а DeepFM с общим скором 0,0327 продемонстрировал минимальную эффективность. Базовый метод Popular показал умеренную точность (Precision 0,0661) при очень низкой полноте (Recall 0,0380), что указывает на то, что частные сервисы хорошо работают на Precision, но не покрывают все релевантные объекты. Случайная стратегия (Random) дала худшие результаты по всем метрикам, что подтверждает обоснованность использования более сложных методов.

Модель PHCF-BPR выигрывает за счет оптимизации ранжирования: ее функция потерь BPR прямо нацелена на повышение ранговой метрики. В итоге лучшие модели демонстрируют одновременно высокие значения всех трех показателей, тогда как у ба-

зовых подходов (например, Popular и KNN) или нейросетевых методов обычно наблюдается перекос в одну из метрик в условиях малого объема данных.

На рисунке представлено сравнение ключевых метрик (Precision, Recall, NDCG) для всех алгоритмов. Видно, что методы семейства PHCF опережают остальные подходы по всем показателям, особенно по Precision и NDCG. Нейронные сети (NCF) демонстрируют хорошие показатели NDCG, но несколько уступают в Precision. KNN и Popular достигают высоких значений Recall и Precision соответственно, что делает их полезными в определенных сценариях. Модели матричной факторизации (SVD, PCA, NMF, ALS, WRMF) расположены в нижней части графиков, существенно уступая более современным методам.

Выявлено явное превосходство гибридных подходов на основе BPR-оптимизации. PHCF-модели эффективно объединяют кол-лаборативную и содержательную составляющие (в данной работе содержательные признаки не использовались явно, но сама модель имеет регуляризующий эффект и оптимизирует ранжирование). Алгоритм PHCF-BPR достигает высокого NDCG за счет прямой оптимизации этой метрики в функции потерь. Гибрид KNN+PHCF-BPR дает наилучший Precision, поскольку учитывает как близость пользователей, так

и глобальные паттерны, что улучшает точность рекомендаций. Нейронные сети (NCF, DeepFM) при столь малом объеме данных (19 пользователей) не смогли полностью реализовать свой потенциал – им, вероятно, требуется больше данных для обучения большого числа параметров. Тем не менее NCF показала себя достойно, что подтверждает эффективность даже относительно простых MLP-архитектур для коллаборативной фильтрации [19].

Выводы

Для рекомендательной системы геопортала были разработаны и протестированы рекомендательные модели для подбора новых (ранее не используемых данным пользователем) сервисов на основе методов коллаборативной фильтрации. Был проведен эксперимент, определены самые эффективные гиперпараметры для каждой модели, внедрен наиболее эффективный алгоритм рекомендации PHCF-BPR.

Разработанная рекомендательная система решает проблему поиска сервисов и распространения информации об их использовании среди специалистов одной предметной области и способна рекомендовать сервисы, которые пользуются популярностью, с учетом области интересов.

Проведенное сравнительное исследование алгоритмов показало, что подходы на основе PHCF с функцией потерь BPR демонстрируют наилучшие результаты по ключевым метрикам рекомендаций, модель значительно превосходит классические методы по точности благодаря оптимизации ранжирования, а ее гибридизация с KNN позволяет дополнительно повысить полноту и качество ранжирования рекомендаций. Нейронные методы (NCF, DeepFM) при небольшом объеме данных не достигли лидирующих позиций, однако NCF заняла достойное место, подтвердив жизнеспособность нейросетевого подхода. Простые алгоритмы (например, KNN, Popular) остаются конкурентоспособными на разреженных данных, обеспечивая относительно высокие показатели для своих классов сложности.

Основные выводы исследования:

1. Алгоритмы PHCF (BPR) превосходят классические методы – за счет прямой оптимизации ранжирования они достигают более высокой точности рекомендаций.

2. Гибридные подходы эффективны для максимизации качества – комбинация моделей (например, KNN+PHCF-BPR) позволяет улучшить одновременно Precision, Recall и NDCG за счет учета разных аспектов предпочтений.

3. Нейросетевые модели требуют больше данных – на ограниченном датасете их потенциал не раскрыт полностью, однако они способны показывать хорошие результаты при достаточном объеме взаимодействий.

4. Простые методы остаются полезными – в условиях дефицита данных или для быстрого прототипирования модели вроде Popular и KNN дают приемлемое качество при минимальной сложности.

Полученные результаты вносят вклад в понимание практической применимости различных подходов к построению рекомендательных систем и предоставляют научно обоснованные рекомендации для выбора алгоритмов в зависимости от специфики задачи и доступных ресурсов. В частности, для промышленного внедрения на рассматриваемом геопортале можно рекомендовать использовать комбинацию лучших моделей (PHCF-BPR в качестве основной, гибридный KNN+PHCF-BPR для усиления ранжирования, а также добавить NCF и KNN в ансамбль для учета разных аспектов). Для быстрых прототипов достаточно ограничиться простыми алгоритмами Popular и KNN, дополнив их моделью PHCF-BPR для повышения точности. В исследовательских целях перспективно включать в рассмотрение более сложные модели (DeepFM) и их модификации, поскольку на больших объемах данных или с добавлением контентных признаков они могут показать себя лучше.

Таким образом, реализованная рекомендательная система показала свою эффективность для поддержки пользователей геопортала ИДСТУ СО РАН, а проведенный анализ алгоритмов предоставляет базу для ее дальнейшего совершенствования.

Список литературы

1. Федоров Р.К., Бычков И.В., Шумилов А.С., Ружников Г.М. Система планирования и выполнения композиций веб-сервисов в гетерогенной динамической среде // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 6. С. 18–35.
2. Crusoe J., Simonofski A., Clarinval A. and Gebka E. The Impact of Impediments on Open Government Data Use: Insights from Users, 2019 13th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), Brussels, Belgium, 2019. P. 1–12. DOI: 10.1109/RCIS.2019.8877055.
3. Ziaimatin H., Nili A., Barros A. Reducing Consumer Uncertainty: Towards an Ontology for Geospatial User-Centric Metadata // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2020. Vol. 9. Is. 8. Art. 488. DOI: 10.3390/ijgi9080488.
4. Vahdat A., Badard T., Pouliot J. A Semantic Collaborative Filtering-Based Recommendation System to Enhance Geospatial Data Discovery in Geoportals // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2025. Vol. 14 (12). Art. 495. DOI: 10.3390/ijgi14120495.
5. Suganeshwari G., Syed Ibrahim S. P. A survey on collaborative filtering based recommendation system // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2016. Vol. 49. P. 503–518. (Прот.)

- ceedings of the 3rd International Symposium on Big Data and Cloud Computing Challenges, Vellur, India, 10–11 March 2016). Cham: Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-30348-2_42.
6. Chen R., Hua Q., Chang Y.-S., Wang B., Zhang L., Kong X. A Survey of Collaborative Filtering-Based Recommender Systems: From Traditional Methods to Hybrid Methods Based on Social Networks // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 64301–64320. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2877208.
 7. Li Y., Jiang Y., Yang C. и др. Improving search ranking of geospatial data based on deep learning using user behavior data // Computers & Geosciences. 2020. Vol. 142. Art. 104520. DOI: 10.1016/j.cageo.2020.104520.
 8. Климонов М.С., Федоров Р.К. Рекомендательная система для выбора сервисов на геопортале ИДСТУ СО РАН // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2025. № 2 (38). С. 199–207. DOI: 10.25729/ESI.2025.38.2.016.
 9. Nguyen L.V., Vo Q.-T., Nguyen T.-H. Adaptive KNN-Based Extended Collaborative Filtering Recommendation Services // Big Data and Cognitive Computing. 2023. Vol. 7 (2). Art. 106. DOI: 10.3390/bdcc7020106.
 10. Fkhi F. Similarity measures for Collaborative Filtering-based Recommender Systems: Review and experimental comparison // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. 2022. Vol. 34. Is. 9. P. 7645–7669. DOI: 10.1016/j.jksuci.2021.09.014.
 11. Dareshiri S., Farnaghi M., Sahelgozin M. A recommender geoportal for geospatial resource discovery and recommendation // Journal of Spatial Science. 2019. Vol. 64. Is. 1. P. 49–71. DOI: 10.1080/14498596.2017.1397559.
 12. Ahmadian S., Berahmand K., Rostami M., Forouzan-deh S., Moradi P., Jalili M. Recommender Systems Based on Non-negative Matrix Factorization: A Survey // IEEE Transactions on Artificial Intelligence. 2025. Vol. 6. Is. 10. P. 2554–2574. DOI: 10.1109/TAI.2025.3559053.
 13. Hu Y., Koren Y., Volinsky C. Collaborative Filtering for Implicit Feedback Datasets // Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). 2008. P. 263–272. DOI: 10.1109/ICDM.2008.22.
 14. He X., Liao L., Zhang H., Nie L., Hu X., Chua T.-S. Neural Collaborative Filtering // Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web (WWW 2017). 2017. P. 173–182. DOI: 10.1145/3038912.3052569.
 15. Guo H., Tang R., Ye Y., Li Z., He X. DeepFM: A Factorization-Machine Based Neural Network for CTR Prediction // Proceedings of the 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2017). 2017. P. 1725–1731. DOI: 10.24963/ijcai.2017/239.
 16. Kula M. Metadata Embeddings for User and Item Cold-start Recommendations [Электронный ресурс] // arXiv. 2015. arXiv:1507.08439. URL: <https://arxiv.org/abs/1507.08439> (дата обращения: 17.01.2026). DOI: 10.48550/arXiv.1507.08439.
 17. Jiang Y., Liu J., Tang M., Liu X. An Effective Web Service Recommendation Method Based on Personalized Collaborative Filtering // Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS). 2011. DOI: 10.1109/ICWS.2011.38.
 18. Rendle S., Freudenthaler C., Gantner Z., Schmidt-Thieme L. BPR: Bayesian Personalized Ranking from Implicit Feedback // Proceedings of the 25th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. Montreal, Canada, 2009. P. 452–461. DOI: 10.5555/1795114.1795167.
 19. Zhang S., Yao L., Sun A., Tay Y. Deep learning based recommender system: a survey and new perspectives // ACM Computing Surveys. 2019. Vol. 52. Is. 1. Art. 5. P. 1–38. DOI: 10.1145/3285029.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 681.5
DOI 10.17513/snt.40648

РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА

¹Коломыченко А.А., ²Коськин А.В.

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород,
Российская Федерация, e-mail: antonwork111999@gmail.com;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Российская Федерация

В данной статье исследуется проблема параметрической неопределенности в системах управления теплогенерирующими установками, функционирующими на основе органического цикла Ренкина. Традиционные системы управления с фиксированными параметрами, как правило, не способны обеспечивать оптимальный режим работы в условиях переменных тепловых нагрузок, изменения расхода теплоносителя и естественного старения оборудования. В ответ на эту проблему предлагается адаптивный механизм управления, интегрирующий метод прогнозирующего управления на основе модели с упрощенными алгоритмами онлайн-идентификации, базирующимися на рекуррентном методе наименьших квадратов. Научная новизна заключается в комбинации метода прогнозирующего управления на основе модели с алгоритмом рекуррентного метода наименьших квадратов для онлайн-коррекции параметров модели испарителя органического цикла Ренкина в условиях параметрического дрейфа. Целью данной работы является разработка и апробация вычислительно эффективного способа адаптивного управления, сочетающего метод прогнозирующего управления на основе модели с упрощенными процедурами онлайн-идентификации, специально предназначенного для задач управления нестационарными процессами теплопередачи в теплогенерирующих установках. Для подтверждения эффективности предложенного подхода было проведено комплексное имитационное моделирование с использованием программного комплекса MATLAB/Simulink. Результаты моделирования демонстрируют значительное улучшение точности управления и повышение энергетической эффективности по сравнению с традиционными системами на основе пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов и стандартных алгоритмов управления на основе модели. Таким образом, разработанный способ адаптивного управления, основанный на интеграции методов прогнозирующего управления и рекуррентной идентификации, представляет собой перспективное решение для обеспечения устойчивой и оптимальной работы теплогенерирующих установок в условиях неопределенности и динамических изменений параметров системы.

Ключевые слова: адаптивное управление, теплогенерирующие установки, органический цикл Ренкина, управление на основе модели, параметрическая неопределенность, рекуррентный метод наименьших квадратов, имитационное моделирование

IMPLEMENTATION OF A METHOD OF ADAPTIVE CONTROL OF THE DESIGN PROCESS OF HEAT-GENERATING INSTALLATIONS BASED ON THE ORGANIC RANKINE CYCLE

¹Kolomychenko A.A., ²Koskin A.V.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Belgorod State National Research University”, Belgorod, Russian Federation,
e-mail: antonwork111999@gmail.com;

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Orel State University named after I.S. Turgenev”, Orel, Russian Federation

This article examines the problem of parametric uncertainty in the control systems of heat generating plants operating on the basis of the organic Rankine cycle. Traditional control systems with fixed parameters, as a rule, are not capable of providing optimal operation in conditions of variable thermal loads, changes in coolant flow and natural aging of equipment. In response to this problem, an adaptive control mechanism is proposed that integrates the model predictive control method with simplified online identification algorithms based on the recursive least squares method. The scientific novelty lies in the combination of the predictive control method based on the model with the algorithm of the recurrent least squares method for online correction of the parameters of the organic Rankine cycle evaporator model under conditions of parametric drift. The purpose of this work is to develop and test a computationally efficient adaptive control mechanism combining a predictive control method based on a model with simplified online identification procedures, specifically designed for the control of non-stationary heat transfer processes in heat generating plants. To confirm the effectiveness of the proposed approach, a comprehensive simulation was carried out using the MATLAB/Simulink software package. The simulation results demonstrate a significant improvement in control accuracy and increased energy efficiency compared to traditional systems based on proportional-integral-differential regulators and standard model-based control algorithms. Thus, the developed adaptive control mechanism based on the integration of predictive control and recurrent identification methods is a promising solution for ensuring stable and optimal operation of heat generating plants in conditions of uncertainty and dynamic changes in system parameters.

Keywords: adaptive control, heat generating plants, organic Rankine cycle, model-based control, parametric uncertainty, recurrent least squares method, simulation modeling

Введение

Управление теплогенерирующими установками (ТГУ), особенно на основе органического цикла Ренкина (ORC – Organic Rankine Cycle) [1, 2] с применением разных подходов [3], сталкивается с проблемой параметрической неопределенности, вызванной изменением тепловых нагрузок, колебаниями расхода теплоносителя, старением оборудования и неточностями в термодинамических свойствах рабочего тела. Традиционные системы управления с фиксированными параметрами, такие как ПИД-регуляторы, не обеспечивают устойчивую и эффективную работу в таких условиях. Следует отметить, что традиционные теплогенерирующие установки, такие как широко распространенные котлы типа Е(ДЕ), имеют специфические динамические характеристики, обусловленные их конструкцией и принципом работы [4], что также накладывает дополнительные требования к системам управления.

Однако, несмотря на значительный теоретический прогресс, практическое применение сложных адаптивных алгоритмов в теплоэнергетике часто сталкивается с проблемами, такими как вычислительная сложность, необходимость точной идентификации параметров в условиях сильных внешних возмущений и обеспечение рабочей устойчивости замкнутой системы.

Цель исследования – разработка и апробация вычислительно эффективного способа адаптивного управления, сочетающего метод прогнозирующего управления на основе модели (MPC – Model Predictive Control) с упрощенными процедурами онлайн-идентификации, специально предназначенного для задач управления нестационарными процессами теплопередачи в теплогенерирующих установках. Научная новизна заключается в комбинации метод прогнозирующего управления на основе модели с алгоритмом рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК – Recursive Least Squares) для онлайн-коррекции параметров модели испарителя органического цикла Ренкина в условиях параметрического дрейфа.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использована нестационарная математическая модель испарителя теплогенерирующей установки, функционирующей на основе органического цикла Ренкина (ORC) [5]. Модель построена в среде MATLAB/Simulink и основана на уравнениях баланса массы и энергии, описывающих одномерное течение рабочего тела и теплоносителя. В качестве рабочего тела принято условное органическое вещество со свойствами, близкими к R245fa.

Для имитации реальных условий эксплуатации в модель введены следующие источники параметрической неопределенности, характерные для промышленных ORC-установок:

- колебания температуры и расхода первичного теплоносителя ($\pm 25\%$ от nominalного значения);
- постепенное снижение коэффициента теплопередачи на 20% в течение эксперимента, моделирующее загрязнение поверхностей теплообмена [6].

Аппаратно-программная платформа исследования включает:

- программный комплекс MATLAB R2023b с пакетами Simulink, Control System Toolbox, System Identification Toolbox;
- персональный компьютер с процессором Intel Core i7 и ОЗУ 32 ГБ, обеспечивающий выполнение всех вычислений в режиме, приближенном к реальному времени.

1. Постановка задачи

Для обеспечения максимальной эффективности системы ORC необходимо управлять ключевыми термодинамическими параметрами. Основные задачи включают:

1. Поддержание стабильного и безопасного функционирования системы.
2. Оптимизацию выработки чистой электроэнергии.
3. Точное регулирование перегрева пара на входе в расширитель для предотвращения повреждения и максимизации эффективности.
4. Поддержание оптимального давления испарения для максимизации выходной мощности [7].

Надежная эксплуатация системы ORC является ключевым фактором для продления срока службы всех основных компонентов. В связи с этим точное регулирование перегрева испарителя на входе в расширительный механизм является приоритетной задачей для контроллера. Важно минимизировать перегрев для достижения максимальной термодинамической эффективности и предотвращения образования жидкостных капель на входе в расширитель, что может привести к повреждению расширительного механизма.

Динамика системы ORC может быть описана в общем виде нелинейной моделью «вход – состояние – выход»:

$$x_{k+1} = f(x_k, n_k, \theta(k)). \quad (1)$$

$$y_k = h(x_k, \theta(k)), \quad (2)$$

где x_k – вектор состояния (энталпия, давление) системы в момент времени k , x_{k+1} – вектор состояния на следующем временном

шаге, f – нелинейная функция динамики, n_k – вектор возмущений (шумов, внешних воздействий) в момент k , $\theta(k)$ – вектор параметров системы, зависящих от времени, y_k – вектор измеряемых выходов (наблюдений) в момент k , h – нелинейная функция наблюдения.

Задача управления заключается в синтезе такого закона управления n_k , который минимизирует отклонения выходных параметров от заданных значений и поддерживает оптимальный режим работы системы, несмотря на изменения параметров $\theta(k)$.

2. Предлагаемый метод адаптивного управления

В качестве решения предложен комбинированный алгоритм, состоящий из двух контуров: прогнозирующего контроллера (МРС) и контура онлайн-идентификации параметров.

Контур прогнозирующего управления

В основе лежит метод прогнозирующего управления на основе модели (МРС). На каждом шаге управления k решается задача оптимизации на горизонте прогнозирования N :

$$J = \sum_{i=0}^{N-1} \left[y\left(\frac{k+i}{k}\right) - y_{ref}(k+i) \right]^2 + \sum_{i=0}^{Nc-1} \lambda \times \left[\Delta u\left(\frac{k+i}{k}\right) \right]^2, \quad (3)$$

где J – целевая функция, k – текущий дискретный момент времени, N – количество шагов вперед, на которое модель предсказывает поведение схемы, $y\left(\frac{k+i}{k}\right)$ – прогнозируемое значение входа системы в момент $k+i$, сделанное в момент k , $y_{ref}(k+i)$ – заданное (желанное) значение выхода в момент времени $k+i$. Nc – количество шагов, на которых оптимизируются управляющее воздействие, $\Delta u\left(\frac{k+i}{k}\right)$ – изменение управляющего воздействия на шаге

$k+i$, спрогнозированное в момент k , λ – весовой коэффициент, регулирующий компромисс между точностью отслеживания желаемой траектории и энергией/плавностью управления.

Оптимизация проводится при наличии ограничений на управляющие воздействия и состояния системы. Ключевая модификация по сравнению со стандартным МРС заключается в том, что для прогнозирования используется модель, параметры которой не фиксированы, а адаптивно настраиваются в контуре идентификации [8].

Контур онлайн-идентификации параметров. Для снижения вычислительной сложности применяется рекуррентный метод наименьших квадратов (РМНК) с экспоненциальным забыванием. Алгоритм РМНК позволяет в реальном времени уточнять оценки параметров $\theta^{(k)}$ на основе последних измерений входов $u(k)$ и выходов $y(k)$ системы:

$$\theta^{(k)} = \theta^{(k-1)} + K(k) \times \left[y(k) - y\left(\frac{k}{\theta^{(k-1)}}\right) \right]. \quad (4)$$

$$K(k) = P(k-1) \times \varphi(k) \times \left[\lambda + \varphi^T(k) \times P(k-1) \times \varphi(k) \right]^{-1}. \quad (5)$$

$$P(k) = \left[I - K(k) \times \varphi^T(k) \right] \times \frac{P(k-1)}{\lambda}, \quad (6)$$

где $\theta^{(k)}$ – текущая оценка вектора параметров, $K(k)$ – коэффициент усиления, $P(k)$ – ковариационная матрица, $\varphi(k)$ – вектор регрессии, содержащий прошлые значения входов и выходов, $\lambda = 0,95$ – коэффициент забывания ($0 < \lambda \leq 1$), позволяющий алгоритму адаптироваться к изменяющимся параметрам.

Упрощение, делающее метод применимым на практике, заключается в идентификации параметров линеаризованной модели

ли «вход – выход» в окрестности текущей рабочей точки, что значительно снижает вычислительную нагрузку по сравнению с идентификацией параметров полной нелинейной модели.

Взаимодействие контуров. На каждом шаге:

Контур идентификации на основе последних данных уточняет $\theta^{(k)}$.

Обновленная модель с параметрами $\theta^{(k)}$ передается в МРС.

МРС решает задачу оптимизации и вычисляет оптимальное управляющее воздействие $u(k)$.

Воздействие применяется к объекту, процесс повторяется.

3. Математическая модель объекта управления

Для исследования эффективности предложенного механизма рассмотрена нестационарная модель теплообмена в испарителе ORC. Установка, работающая на органическом цикле Ренкина [9], должна обеспечивать надежное производство электрической энергии, контролировать основные параметры, иметь запас рабочего тела на пуск и останов установки [10]. Модель основана на уравнениях энергии и массы, записанных в предложении одномерного течения. Параметрическая неопределенность вводится в виде изменяющихся во времени коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления, что моделирует такие эффекты, как загрязнение поверхностей теплообмена и изменение свойств теплоносителя. Также возможно совмещение методики с различными средствами автоматизации, например концепцией BIM-проектирования, это позволит усилить ее достоинства. Это согласуется с общим трендом на внедрение цифровых технологий в тепловые расчеты и проектирование теплогенерирующих установок, что позволяет создавать более точные цифровые двойники и оптимизировать процессы на ранних этапах [11].

Следовательно, упрощение приведения к однослоиной модели требует оценки дискретных физических свойств и моделируется с помощью асимметричных единичных функций Хевисайда. Известны применения этого метода для моделирования первой стадии неустойчивой теплопрово-

дности. В частности, его применяют к процессу горения [12, 13].

Модель основана на уравнениях энергии и массы, записанных в предположении одномерного течения. Параметрическая неопределенность вводится в виде изменяющихся во времени коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления, что моделирует такие эффекты, как загрязнение поверхностей теплообмена и изменение свойств теплоносителя.

Динамика системы описывается системой дифференциальных уравнений в форме Коши, которая затем дискретизуется для целей управления и идентификации. Именно параметры этой дискретной модели (коэффициенты передаточной функции) подлежат онлайн-идентификации с помощью РМНК.

Результаты исследования и их обсуждение

Количественные результаты моделирования представлены в таблице ниже. В качестве метрик использовались среднеквадратичное отклонение (RMSE – Root Mean Square Error) и максимальное отклонение по ключевым переменным: перегрев пара и давление испарения (табл. 1).

Анализ результатов:

1. ПИД-регулятор демонстрировал значительное перерегулирование и длительное время возврата к заданному режиму, а его производительность резко ухудшилась при изменении динамики системы (загрязнение).

2. Стандартный МРС показал лучшие результаты по подавлению возмущений вnomинальном режиме, однако при параметрическом дрейфе (загрязнение) его производительность деградировала, возникали устойчивые отклонения, так как модель переставала соответствовать объекту.

Таблица 1

Сравнительный результат моделирования

Критерий / Метод управления	Традиционный ПИД-регулятор	Стандартный МРС	Предлагаемый адаптивный МРС
RMSE: Перегрев пара, [°C]	4,5	2,1	0,9
Макс. отклонение: Перегрев пара, [%]	18 %	9 %	4 %
RMSE: Давление испарения, [кПа]	35	18	7
Время переходного процесса (после скачка нагрузки), [с]	> 150	~90	< 50
Средняя генерируемая мощность (относительно номинала)	100 %	101,5 %	103 %

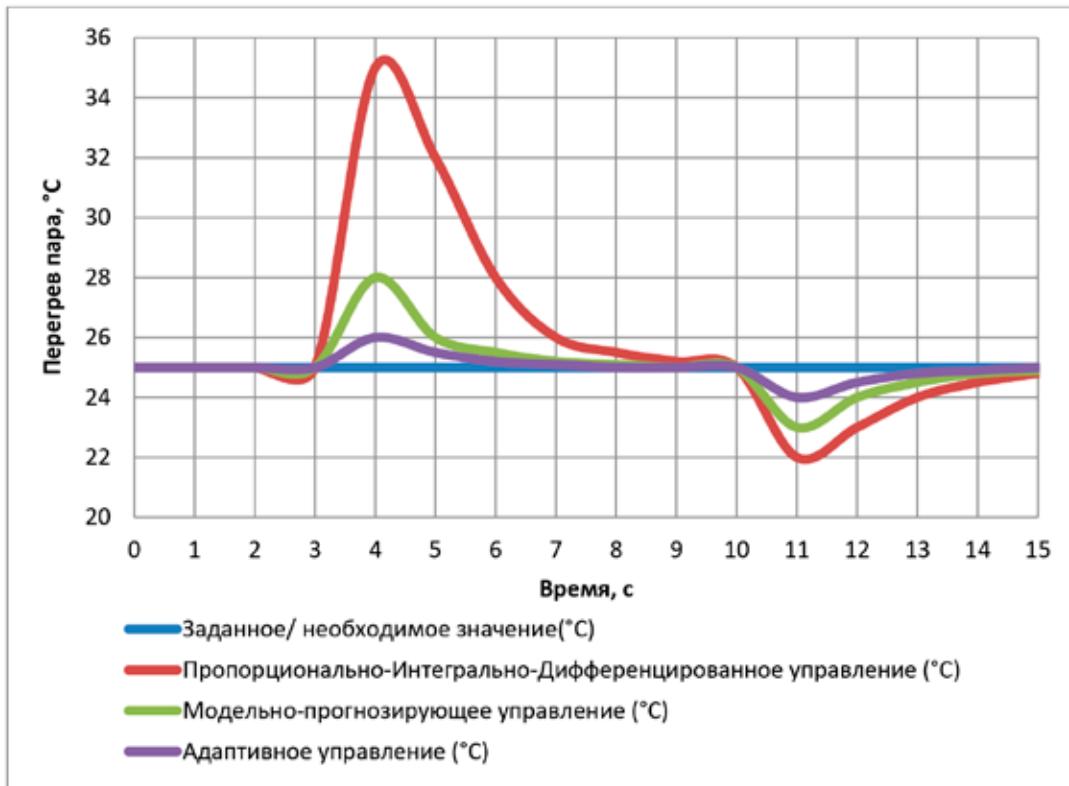
Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Сравнительный результат переходных процессов

Время (с)	Заданное/необходимое значение (°C)	Пропорционально-интегрально-дифференцированное управление (°C)	Модельно-прогнозирующее управление (°C)	Адаптивное управление (°C)
0	25	25	25	25
1	25	25	25	25
2	25	25	25	25
3	25	25	25	25
4	25	35	28	26
5	25	32	26	25,5
6	25	28	25,5	25,2
7	25	26	25,2	25,1
8	25	25,5	25,1	25
9	25	25,2	25	25
10	25	25	25	25
11	25	22	23	24
12	25	23	24	24,5
13	25	24	24,5	24,8
14	25	24,5	24,8	24,9
15	25	24,8	24,9	25

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

Рис. 1. Сравнение переходных процессов
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

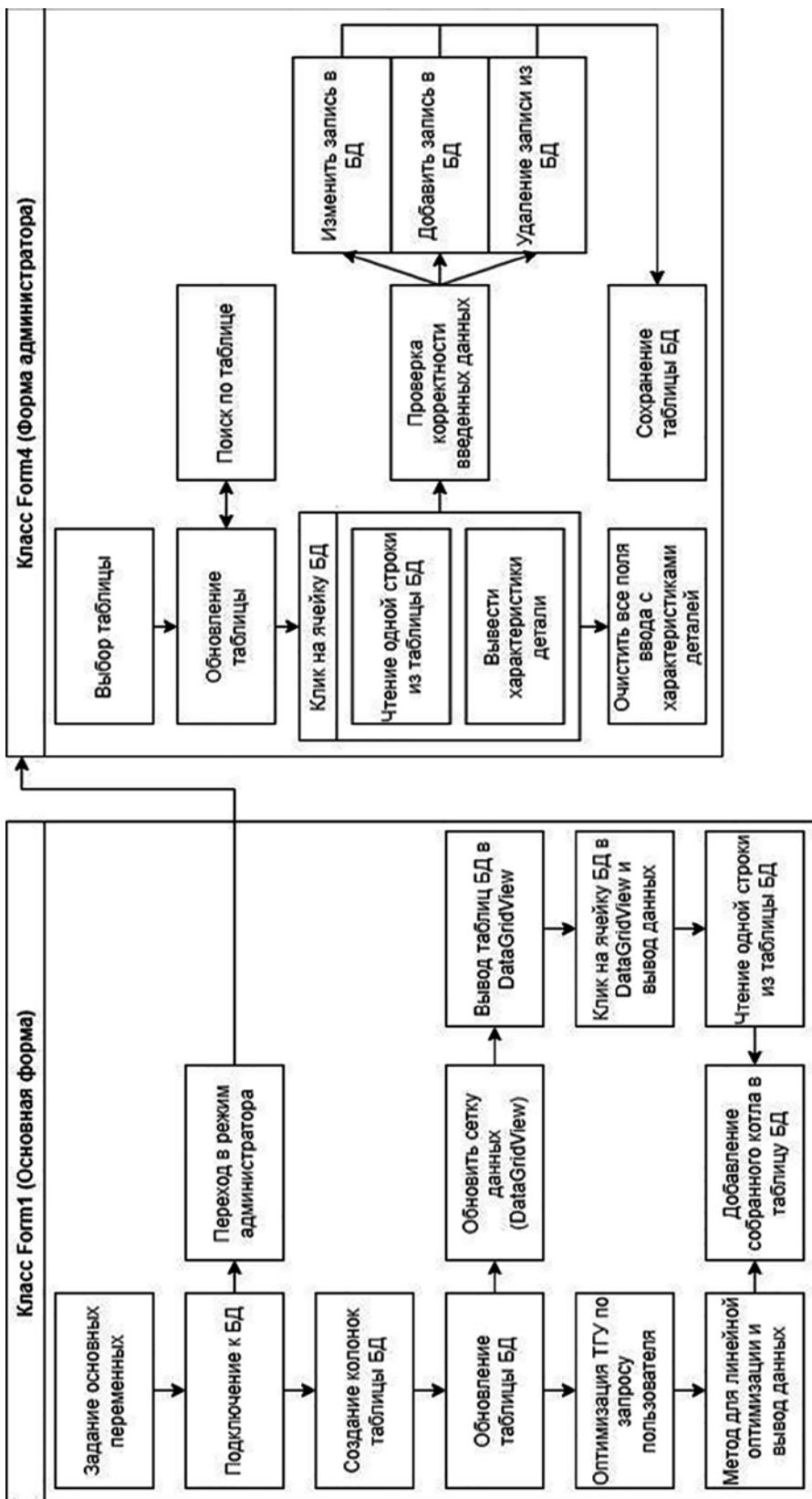


Рис. 2. Архитектура и механизм работы системы аддитивного проектирования ТГУ
Примечание. Составлена авторами по результатам данного исследования

3. Адаптивный МРС обеспечил наилучшее качество управления. Алгоритм успешно компенсировал изменения параметров модели в реальном времени, поддерживая близкий к оптимальному режим работы. Максимальные отклонения параметров были минимальными, а время переходного процесса – самым коротким. Более точное поддержание оптимального давления испарения позволило увеличить среднюю генерируемую мощность установки.

На основании результатов исследования составлена таблица со сравнительными результатами переходных процессов (табл. 2).

Исходя из табличных данных, построена диаграмма, иллюстрирующая сравнение переходных процессов (рис. 1).

Результаты моделирования подтверждают, что предложенный адаптивный механизм эффективно решает проблему параметрической неопределенности. Упрощенная процедура идентификации на основе РМНК не привела к значительным вычислительным затратам, что делает алгоритм применимым в системах реального времени.

Для практической реализации алгоритма была разработана концептуальная архитектура программного комплекса, предназначенного для сквозного проектирования ТГУ (рис. 2).

Эффективность подобных комбинированных подходов, интегрирующих прогнозирующее и адаптивное управление для сложных энергетических систем, также подтверждается исследованиями в смежных областях, например в управлении интегрированными энергосистемами зданий [14]. Использование современных методов, таких как компьютерное моделирование, алгоритмы оптимизации и системный анализ, позволяет снизить влияние человеческого фактора, минимизировать ошибки на этапе проектирования и улучшить адаптивность к изменяющимся условиям эксплуатации [15].

Заключение

В работе предложен вычислительно эффективный способ адаптивного управления для теплогенерирующих установок, основанный на интеграции прогнозирующего управления на основе модели (МРС) и онлайн-идентификации параметров с использованием рекуррентного метода наименьших квадратов. Проведенное имитационное моделирование показало, что разработанный подход обеспечивает существенное повышение точности регулирования ключевых параметров – перегрева пара и давления испарения – по сравнению с традиционным ПИД-регулированием и стандартным МРС.

Адаптивный алгоритм демонстрирует устойчивость к параметрическим возмущениям, таким как изменение тепловой нагрузки и снижение эффективности теплообмена, сокращая время переходного процесса более чем в 3 раза и повышая среднюю генерируемую мощность установки на 2–3 %.

Полученные результаты подтверждают, что предложенный механизм позволяет обеспечить надежную и энергоэффективную работу теплогенерирующих установок в условиях динамически меняющихся параметров, что делает его перспективным для практического внедрения в системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП). В дальнейшем планируется тестирование алгоритма на физических стендах и его интеграция в промышленные АСУ ТП.

В работе была исследована проблема параметрической неопределенности в системах управления ТГУ и предложен способ адаптивного управления для ее решения. Разработан и апробирован комбинированный механизм, интегрирующий МРС с упрощенными процедурами онлайн-идентификации на основе РМНК.

Проведенное имитационное моделирование показало, что предложенный механизм способен в реальном времени адаптироваться к изменяющейся динамике нестационарных процессов теплопередачи, поддерживая близкий к оптимальному режим работы системы.

Таким образом, реализация предложенного механизма позволяет существенно повысить энергетическую эффективность, надежность и робастность теплогенерирующих установок. Дальнейшие исследования планируется сосредоточить на тестировании механизма в условиях еще более широкого диапазона возмущений, а также на разработке специализированного программного обеспечения для встраивания данного механизма в автоматизированные системы управления технологическими процессами реальных промышленных объектов.

Список литературы

1. Loni R., Najafi G., Bellos E., Rajaei F., Said Z., Mazlan M. A review of industrial waste heat recovery system for power generation with Organic Rankine Cycle: Recent challenges and future outlook // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 287. P. 125070. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620351143?via%3Dihub> (дата обращения: 15.12.2025). DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125070.
2. Alrbai M., Al-Dahidi S., Alahmer H., Al-Ghussain L., Al-Rbaihat R., Hayajneh H., Alahmer A. Integration and Optimization of a Waste Heat Driven Organic Rankine Cycle for Power Generation in Wastewater Treatment Plants // Energy. 2024. Vol. 308. P. 132829. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544224026033> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1016/j.energy.2024.132829.

3. Imre A.R., Daniarta S., Blasiak P., Kolasinski P. Design, Integration, and Control of Organic Rankine Cycles with Thermal Energy Storage and Two-Phase Expansion System Utilizing Intermittent and Fluctuating Heat Sources-A Review // Energies. 2023. Vol. 16. P. 5948. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/16/5948/xml> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.3390/en16155948.
4. Максимов Н.М., Головань И.Н., Кушнарев В.А., Бухтояров В.Ф. 2023. Повышение энергоэффективности асинхронной электрической машины за счет оптимизации удельных показателей // Вестник Южно-Уральского государственного Университета. Серия: «Энергетика». 2023, № 23 (4). С. 54–60. URL: <https://www.powervestniksusu.ru/index.php/PVS/article/view/793> (дата обращения: 15.12.2025). DOI: 10.14529/power230406.
5. Sun Y., Du M., Qi X. Enhanced Modeling and Control of Organic Rankine Cycle Systems via AM-LSTM Networks Based Nonlinear MPC // Energy Science & Engineering. 2024. Vol. 13. P. 94–106. URL: <https://www.bohrium.com/paper-details/enhanced-modeling-and-control-of-organic-rankine-cycle-systems-via-am-lstm-networks-based-nonlinear-mpc/1074569354881794055-4277> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1002/ese3.1962.
6. Hernandez A., Desideri A., Gusev S. et al. Design and experimental validation of an adaptive control law to maximize the power generation of a small-scale waste heat recovery system // Applied Energy. 2017. Vol. 203. P. 549–559. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917308152> (дата обращения: 15.12.2025). DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.06.069.
7. Jiménez-García J.C., Ruiz A., Pacheco-Reyes A., Rivera W. A Comprehensive Review of Organic Rankine Cycles // Processes. 2023. Vol. 11. P. 1982. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/7/1982> (дата обращения: 15.12.2025). DOI: 10.3390/pr11071982.
8. Pili R., Wieland C., Spliethoff H., Haglind F. Optimal tuning of model predictive controllers for organic Rankine cycle systems recovering waste heat from heavy-duty vehicles // Applied Thermal Engineering. 2023. Vol. 220. P. 119803. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431122017331?via%3Dhub> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1016/j.applthermeng.2022.119803.
9. Bellon E. A review of organic Rankine cycles with partial evaporation and dual-phase expansion // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2024. Vol. 72. P. 104059. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138824004557> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1016/j.seta.2024.104059.
10. Petrova Yu.A., Sokolov V.Yu. Implementation of the methodology to design heat generating facilities using automated calculations and focusing on standard design // Bulletin of the Ivanovo State Power Engineering University. 2024. Vol. 3. P. 13–19. URL: <http://vestnik.ispu.ru/en/node/923> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.17588/2072-2672.2024.3.013-019.
11. Brandi S., Gallo A., Capozzoli A. A predictive and adaptive control strategy to optimize the management of integrated energy systems in buildings // Energy Reports. 2022. Vol. 8. P. 1550–1567. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721014979> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1016/j.egyr.2021.12.058.
12. Коломыченко А.А., Коськин А.В. Анализ подходов к автоматизации проектирования теплогенерирующих установок // Информационные системы и технологии. 2025. № 1 (147). С. 85–93. URL: https://oreluniver.ru/public/file/archive/isit_ISiT_1-25_kratkiy.pdf (дата обращения: 18.12.2025).
13. Quoilin S., Orosz M., Hemond H., Lemont V. Performance and design optimization of a low-cost solar organic Rankine cycle for remote power generation // Solar Energy. 2011. Vol. 85. P. 955–966. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X11000527> (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.1016/j.solener.2011.02.010.
14. Lu Y., Roskilly A.P., Yu X. The Development and Application of Organic Rankine Cycle for Vehicle Waste Heat Recovery // Organic Rankine Cycle Technology for Heat Recovery. 2018. Vol. 7. P. 127–147. URL: https://www.researchgate.net/publication/328783696_The_Development_and_Application_of_Organic_Rankine_Cycle_for_Vehicle_Waste_Heat_Recovery (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.5772/intechopen.78401.
15. Michailidis P., Michailidis I., Minelli F., Coban H.H., Kosmatopoulos E. Model Predictive Control for Smart Buildings: Applications and Innovations in Energy Management // Buildings. 2025. Vol. 15. P. 3298. URL: https://www.academia.edu/144311483/Model_Predictive_Control_for_Smart_Buildings_Applications_and_Innovations_in_Energy_Management (дата обращения: 18.12.2025). DOI: 10.3390/BUILDINGS15183298.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 661.961.621
 DOI 10.17513/snt.40649

ПРИМЕНЕНИЕ ТРИЖДЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ МИНИМАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Мустафин Р.М., Зинина С.А., Кузнецов И.Е.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Самарский государственный технический университет», Самара, Российская Федерация,
 e-mail: ravid-bk211@mail.ru

Развитие водородной энергетики, призванной заменить ископаемое топливо, требует совершенствования технологий. Основной промышленный метод получения водорода – паровая конверсия метана, где эффективность катализаторов критически зависит от их формы. Целью работы является сравнение инновационных форм катализатора на основе трижды периодических минимальных поверхностей (ТПМП) с традиционными для формирования рекомендаций по изготовлению катализаторов. В работе проанализированы три формы, основанные на трижды периодических минимальных поверхностях: Schwarz – P (Primitive), Schwarz – PL (Primitive Lattice), Neovius и одна форма катализатора в виде цилиндра. В качестве метода исследования выбрано численное моделирование (CFD) реактора с различными формами катализатора. В результатах представлены контуры распределения температур, мольного содержания водорода и графики зависимости выхода водорода и перепада давления от критерия Рейнольдса. Сделан вывод, что использование форм, основанных на трижды периодических минимальных поверхностях, дает прирост к конверсии метана и выходу водорода по сравнению с цилиндрическими формами. Самая высокая степень конверсии метана была обнаружена на частицах формы Neovius. Однако катализаторы в виде трижды периодических минимальных поверхностей создают высокое гидравлическое сопротивление. Внедрение подобных форм катализатора должно сопровождаться дополнительным технико-экономическим анализом.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, водород, паровая конверсия метана, CFD-моделирование, Ansys Fluent, ТПМП

APPLICATION OF THREE TIMES PERIODIC MINIMUM SURFACES AS CATALYST FOR METHANE STEAM CONVERSION

Mustafin R.M., Zinina S.A., Kuznetsov I.E.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 "Samara State Technical University", Samara, Russian Federation,
 e-mail: ravid-bk211@mail.ru*

The development of hydrogen energy, designed to replace fossil fuels, requires improved technology. The main industrial method of producing hydrogen is steam conversion of methane, where the effectiveness of catalysts critically depends on their shape. The aim of the work is to compare innovative catalyst forms based on thrice periodic minimum surfaces (TPMS) with traditional ones to form recommendations for the manufacture of catalysts. The paper analyzes three shapes based on three times periodic minimal surfaces: Schwarz – P ("Primitive"), Schwarz – PL ("Primitive Lattice"), Neovius and one shape of the catalyst in the form of a cylinder. Numerical simulation (CFD) of a reactor with various forms of catalyst was chosen as the research method. The results show the contours of the temperature distribution, molar hydrogen content, and graphs of the dependence of hydrogen yield and pressure drop on the Reynolds criterion. It is concluded that the use of molds based on thrice periodic minimum surfaces provides an increase in methane conversion and hydrogen yield compared to cylindrical molds. The highest degree of methane conversion was found on Neovius particles. However, catalysts in the form of thrice periodic minimum surfaces create high hydraulic resistance. The introduction of such forms of catalyst should be accompanied by additional technical and economic analysis.

Keywords: renewable energy, hydrogen, steam methane reforming, CFD modeling, Ansys Fluent, ТПМП

Введение

Разработка эффективного, экологичного и безопасного источника возобновляемой энергии – важнейшая технологическая проблема современной энергетики. В этом контексте водород привлекает всё больше внимания в качестве перспективного топлива и энергоносителя [1].

Современная энергосистема по-прежнему опирается на ископаемое топливо, что является причиной значительных выбросов парниковых газов. Использование водорода позволяет смягчить негативное

воздействие на климат, однако масштабное внедрение водородных технологий сдерживается рядом факторов, связанных с его производством в промышленных объёмах.

Для реализации всего экологического потенциала водорода требуются экономичные и чистые низкоуглеродные методы его получения из возобновляемых источников, а также эффективные технологии очистки и транспортировки. Таким образом, создание устойчивой водородной энергетики сегодня напрямую зависит от решения задач его производства, хранения и конечного ис-

пользования [2; 3]. Сегодня водород производят в основном из ископаемого топлива, чаще всего с помощью каталитической паровой конверсии метана.

Форма катализатора является важным фактором, влияющим на ход реакции паровой конверсии метана. Среди различных форм катализаторов можно выделить традиционные (сфера, цилиндры, кольца Рашига) и инновационные (решетчатые и ТПМП-структуры). Ключевые преимущества ТПМП – значительная удельная площадь поверхности и высокая теплопроводность [4-6]. Непрерывность этих структур также помогает снизить перепады давления, улучшить смешивание реагентов и избежать появления застойных зон [7-9]. Различные типы ТПМП (такие, как Schwarz Primitive [10], Diamond [11], Gyroid [12] и другие) активно исследуются для многих задач. Перечень задач включает эффективный теплоперенос, где ТПМП-структуры превосходят обычные конструкции [13; 14].

Цель исследования – сравнение инновационных форм катализатора на основе трижды периодических минимальных поверхностей (ТПМП) с традиционными

для формирования рекомендаций по изготовлению катализаторов. Для выполнения сравнения была разработана численная модель течения газа с проведением химической реакции в структуре, помещенной в химический реактор.

Материалы и методы исследования

В работе рассматриваются различные формы катализаторов для паровой конверсии метана: ТПМП Schwarz – P (Primitive), Schwarz – PL (Primitive Lattice), Neovius. Эта структура сравнивается с классической цилиндрической формой катализатора.

Моделирование процесса проводилось численными методами в программной среде Ansys Fluent. С его помощью можно проанализировать, как форма катализатора определяет конечную степень конверсии метана и интенсивность образования водорода.

Конструкция смоделированного химического реактора – цилиндрический канал (диаметр 13 мм, длина 130 мм), в центральной части которого расположена катализическая вставка (рис. 1, 2). Входной и выходной участки служат для выравнивания потока и исключения его обратного движения.

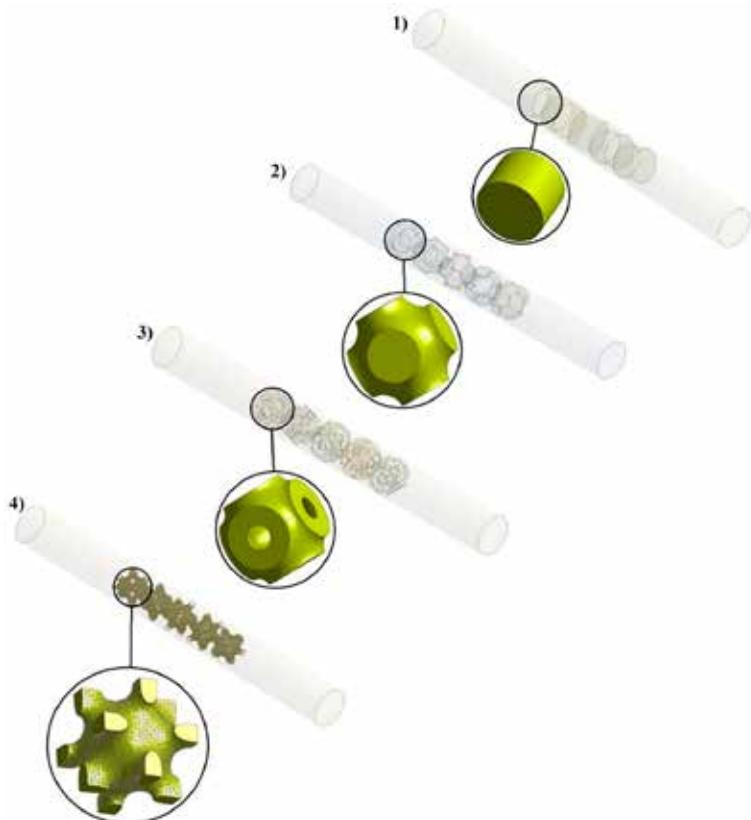


Рис. 1. Геометрия реформера паровой конверсии метана с видом катализатора:
1) цилиндрическая форма катализатора; 2) форма катализатора в виде Schwarz-P;
3) форма катализатора в виде Schwarz-P Lattice; 4) форма катализатора в виде Neovius

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

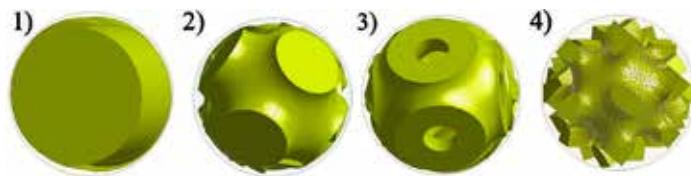


Рис. 2. Геометрия реформера паровой конверсии метана, радиальный вид:
 1) цилиндрическая форма катализатора; 2) форма катализатора в виде Schwarz-P;
 3) форма катализатора в виде Schwarz-PL; 4) форма катализатора в виде Neovius
 Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

Вычислительная область была дискретизирована на сеточные элементы, после чего было выполнено исследование сходимости решения по сетке на основе анализа температуры на выходе реактора (рис. 3). Результаты показали, что оптимальным для поставленной задачи является разбиение на 5 миллионов ячеек.

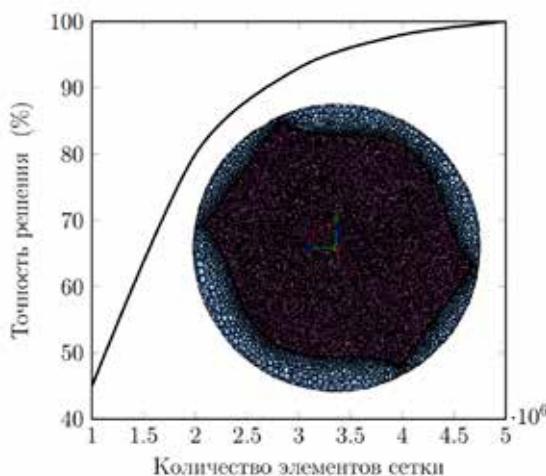


Рис. 3. Вид сетки и сеточная сходимость
 Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

На входном участке модели задавалась газовая смесь метана и водяного пара в мольном соотношении $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_4 = 2:1$ с температурой 900°C и диапазоном входных скоростей от 0,01 до 0,1 м/с. Сравнительный анализ различных геометрий катализаторов проводился при условии равенства их масс. Общая пористость всех катализаторных структур в модели была установлена на уровне 0,44, а материалом для них выбран широко применяемый в промышленности катализатор на основе никеля, нанесенного на оксид алюминия ($\text{Ni}-\text{Al}_2\text{O}_3$). Для описания кинетики химических реакций использовалась пользовательская функция (UDF), реализованная на языке C, в основу которой легла модель, предложенная в работе [15].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных расчетов были получены контуры распределения температуры для четырех исследуемых конфигураций катализаторов (рис. 4). Анализируя температурное поле на контурах, можно увидеть, что температура на катализаторах типа Schwarz – PL и Neovius снижается интенсивнее. Это может свидетельствовать о высокой скорости протекания паровой конверсии метана в этих катализаторах по сравнению с цилиндрической структурой и конфигурацией Schwarz – P. Вероятной причиной такой разницы являются увеличенная продолжительность контакта реагентов с активной поверхностью и большая эффективная площадь катализа в сложных структурах Schwarz – PL и Neovius.

Как видно из рисунка 5, контуры выхода водорода существенно различаются для четырех исследованных морфологий катализатора. Катализаторы ТПМП демонстрируют пиковое значение выхода, тогда как цилиндрические образцы – наименьшее. Также наблюдается сдвиг начала реакции: на ТПМП она стартует раньше. Причина кроется в геометрии: форма ТПМП способствует большей задержке реагентов, ускоряя инициирование процесса, в то время как обтекаемые цилиндры оказывают меньшее гидродинамическое сопротивление, что отодвигает начало активного выделения водорода.

Результатом проведенного моделирования являются зависимости степени конверсии метана и перепада давления в реформере от формы катализатора (рис. 6). Также на графике степени конверсии метана выделены экспериментальные данные [15], которые использовались для проведения валидации данных, полученных в результате численного моделирования. Использование в качестве катализаторов форм, основанных на трижды периодических минимальных поверхностях, показывает существенный прирост к конверсии метана порядка 13-25%. Однако вместе с тем их использование увеличивает гидравлическое сопротивление на 15-20%.

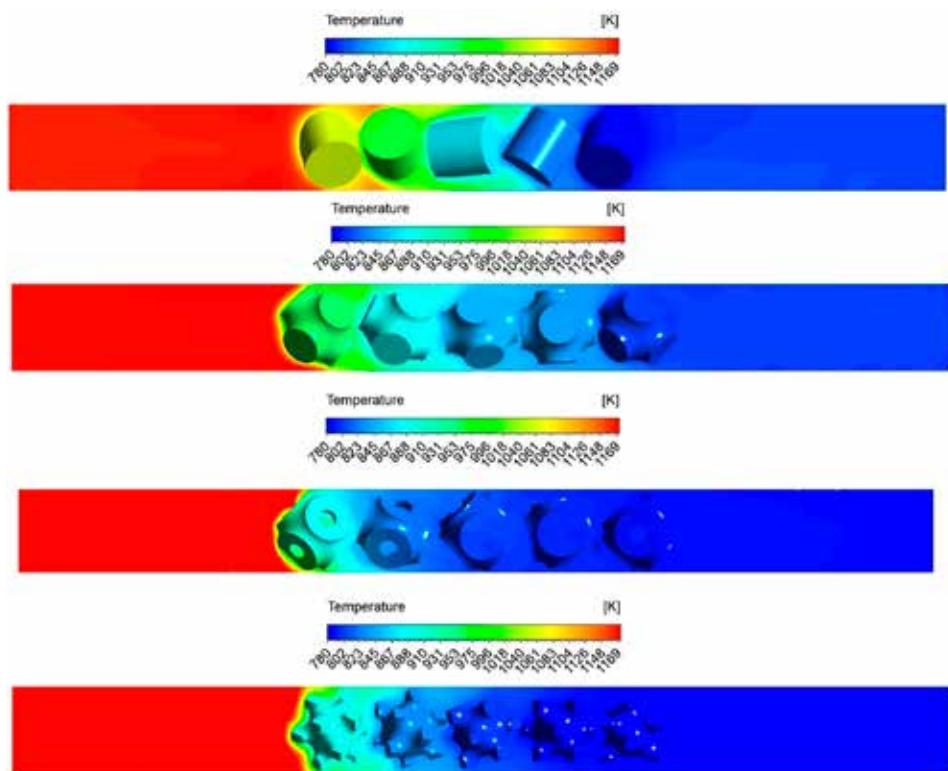


Рис. 4. Контуры температуры для трех форм катализаторов:
ТПМП Schwarz – P (Primitive), Schwarz – PL (Primitive Lattice), Neovius, цилиндры, сферы
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

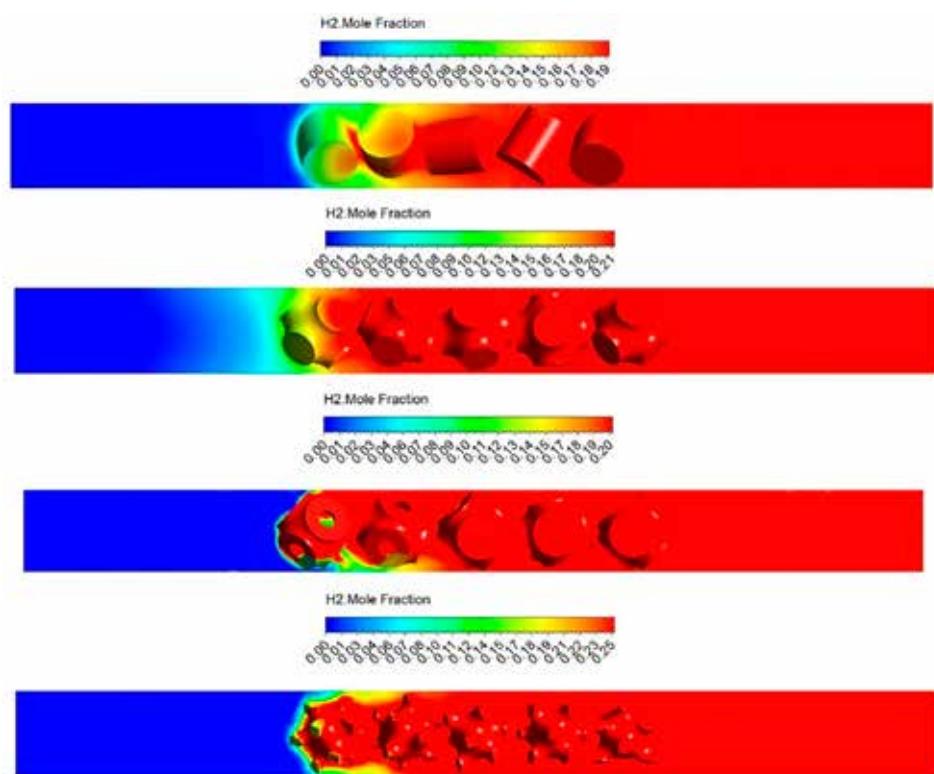


Рис. 5. Контуры конверсии метана для трех форм катализаторов:
ТПМП Шварца P, цилиндры, сферы
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

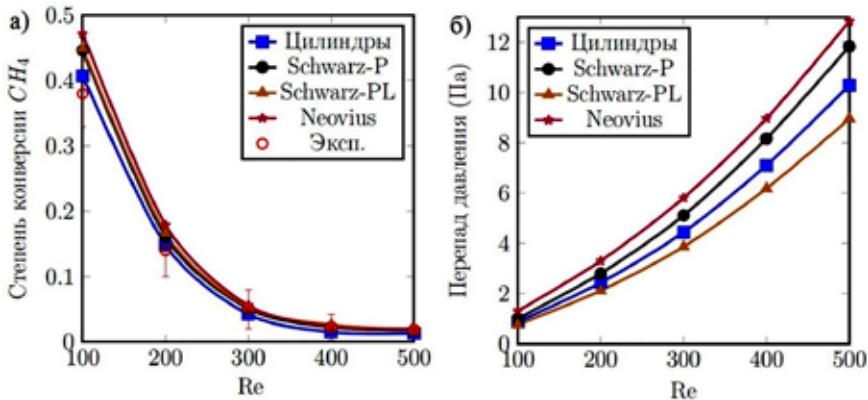


Рис. 6. Результаты проведенного моделирования:

- а) зависимость конверсии метана от Re , для различных форм катализаторов;
 б) зависимость перепада давления в реформере от Re , для различных форм катализаторов
 Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

Заключение

Результаты показали большой потенциал в использовании трижды периодических минимальных поверхностей в качестве катализаторов для химических реакций. Эффект от внедрения таких форм в процесс паровой конверсии метана дает прирост к выходу водорода на 13-25%. Но такой прирост сопровождается существенными гидравлическими потерями, что говорит о необходимости проведения технико-экономического анализа.

Список литературы

1. Lubitz W., Tumas W. Hydrogen: an overview // Chemical reviews. 2007. Т. 107. № 10. С. 3900-3903. DOI: 10.1021/cr050200z.
2. Mena A., Amrouche F., Lounici M.S., Loubar K. Experimental investigation of hydrogen use in dual fuel and like dual fuel mode // Fuel. 2025. Т. 393. С. 135031. DOI: 10.1016/j.fuel.2025.135031.
3. Kumar N.R.S., Suryan A., Manju M.S. Hydrogen As An Alternative Aviation Fuel-A Review // Ammonia and Hydrogen for Green Energy Transition. 2024. С. 265-286. DOI: 10.1007/978-981-97-0507-8_12.
4. Брагин Д.М., Еремин А.В., Попов А.И., Шульга А.С. Метод определения коэффициента эффективной теплопроводности пористого материала на основе минимальной поверхности типа Schoen's I-WP (R) // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2023. № 2. С. 61-68. DOI: 10.17588/2072-2672.2023.2.061-068.
5. Брагин Д.М., Еремин А.В. Исследование тепловых свойств пористых полимерных материалов на основе минимальных поверхностей Шварца // Инженерный вестник Дона. 2023. № 9 (105). С. 36. EDN: CFTSYPP.
6. Ouda M., Al-Ketan O., Sreedhar N., Ali M.I.H., Al-Rub R.K.A., Hong S., Arafat H.A. Novel static mixers based on triply periodic minimal surface (TPMS) architectures // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020. Т. 8. № 5. С. 104289. DOI: 10.1016/j.jece.2020.104289.
7. Guan Y., Zhang X., Cao X., Yang H., Wang S., Cao W., He C. Dual-material TPMS metamaterial with high load-bearing capacity and performance stability // International Journal of Mechanical Sciences. 2025. С. 110613. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2025.110613.
8. Al-Ketan O., Lee D.W., Rowshan R., Al-Rub R.K.A. Functionally graded and multi-morphology sheet TPMS lattices: Design, manufacturing, and mechanical properties // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2020. Т. 102. С. 103520. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2019.103520.
9. Feng J., Fu J., Yao X., He Y. Triply periodic minimal surface (TPMS) porous structures: from multi-scale design, precise additive manufacturing to multidisciplinary applications // International Journal of Extreme Manufacturing. 2022. Т. 4. № 2. С. 022001. DOI: 10.1088/2631-7990/ac5be6.
10. Guo X., Ding J., Li X., Qu S., Fuh J.Y.H., Zhai W. Enhancement in the mechanical behaviour of a Schwarz Primitive periodic minimal surface lattice structure design // International Journal of Mechanical Sciences. 2022. Т. 216. С. 106977. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2021.106977.
11. Tang W., Zhou H., Zeng Y., Yan M., Jiang C., Yang P., Zhao Y. Analysis on the convective heat transfer process and performance evaluation of Triply Periodic Minimal Surface (TPMS) based on Diamond, Gyroid and Iwp // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2023. Т. 201. С. 123642. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123642.
12. Hu Y., Zhang Z., Zhang Y., Yuan L., Xia R. Torsional Mechanical Behavior of TPMS Porous Structures: Experimental Insights on Diamond, Gyroid, and Schwarz Primitive Designs // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. 2025. DOI: 10.1111/ffe.70018.
13. Ansari D., Duwig C. A gyroid TPMS heat sink for electronic cooling // Energy Conversion and Management. 2024. Т. 319. С. 118918. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118918.
14. Dutkowski K., Kruzel M., Rokosz K. Review of the state-of-the-art uses of minimal surfaces in heat transfer // Energies. 2022. Т. 15. № 21. С. 7994. DOI: 10.3390/en15217994.
15. Xu J., Froment G.F. Methane steam reforming, methanation and water-gas shift: I. Intrinsic kinetics // AIChE journal. 1989. Т. 35. № 1. С. 88-96. DOI: 10.1002/aic.690350109.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Финансовая поддержка осуществлена Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSSE-2025-0006) в рамках государственного задания Самарского государственного технического университета (создание новых молодёжных лабораторий).

Financing: Financial support was provided by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic no. FSSE-2025-0006) within the framework of the state assignment of Samara State Technical University (creation of new youth laboratories).

УДК 65.012.1:65.015
DOI 10.17513/snt.40650

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

¹Никитенко С.М., ¹Гоосен Е.В., ²Смирнов А.Н., ¹Королев М.К.

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», Кемерово, Российская Федерация, e-mail: nsm-nis@mail.ru;

²Общество с ограниченной ответственностью «Кузбасский центр сварки и контроля», Кемерово, Российская Федерация

В угледобывающей отрасли ввиду отработки доступных запасов возникает необходимость разработки перспективных систем, обеспечивающих добыву угля из крутонаклонных угольных пластов подземным способом, не требующих повышенных капиталовложений и эксплуатационных затрат в сравнении с уже традиционно используемыми. Цель исследования – обосновать перспективные способы разработки крутонаклонных угольных пластов и средства их реализации. В процессе исследования авторы применили методы моделирования и прототипирования нового устройства – самоподвижной крепи. Помощью решения 3D-задачи численного моделирования авторами проведен расчет напряжений и деформаций угольного пласта и вмещающих пород в окрестности забоя, что позволило определить оптимальные технические параметры самоподвижной крепи, достаточные для восприятия нагрузок, действующих на крепь, и обеспечивающие поддержку кровли горной выработки. В процессе работы использовались методы патентного анализа и опрос экспертов – специалистов в сфере геотехнологий, на основе оценки которых были сделаны выводы о перспективности предлагаемых технических решений. В результате авторами обоснованы новые способы добычи полезного ископаемого, обладающие потенциалом для их роботизации, которые, в свою очередь, могут способствовать активному внедрению перспективных организационно-технологических систем для добычи трудноизвлекаемых природных ресурсов подземным способом.

Ключевые слова: крутонаклонный угольный пласт, подземный способ добычи, самоподвижная крепь, организационно-технологические системы

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR THE DEVELOPMENT OF STEEPLY INCLUDED COAL SEAMS

¹Nikitenko S.M., ¹Goosen E.V., ²Smirnov A.N., ¹Korolev M.K.

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Kemerovo, Russian Federation, e-mail: nsm-nis@mail.ru;

²Limited Liability Company “Kuzbass Welding and Control Center”, Kemerovo, Russian Federation

In the coal mining industry, the depletion of available reserves necessitates the development of advanced systems for underground coal mining from steeply inclined coal seams, reducing the capital investment and operating costs associated with traditional methods. The objective of this study is to substantiate promising methods for developing steeply inclined coal seams and the means for implementing them. In this study, the authors applied modeling and prototyping methods for a new device – a self-propelled support structure. By solving a 3D numerical modeling problem, the authors calculated the stresses and strains of the coal seam and surrounding rocks in the vicinity of the face, which made it possible to determine the optimal technical parameters of the self-propelled support, sufficient to withstand the loads acting on the support and providing support for the roof of the mine workings. Patent analysis and expert interviews with geotechnology specialists were used, and conclusions were reached on the viability of the proposed technical solutions based on these assessments. As a result, the authors substantiated new methods of mineral extraction with the potential for robotic automation, which, in turn, could facilitate the active implementation of advanced organizational and technological systems for the underground extraction of hard-to-recover natural resources.

Keywords: steeply inclined coal seam, underground mining method, self-propelled support, organizational and technological systems

Введение

В России и в мире недропользователи все чаще ощущают проблему истощения легко извлекаемых запасов полезных ископаемых. В нефтегазовой отрасли в конце прошлого века был сформулирован так называемый закон геолого-разведочного фильтра, согласно которому «вероятность

открытия месторождений углеводородов тем выше, чем больше их запасы: все гигантские, крупные, а затем и средние по запасам месторождения открываются в первые десятилетия геологического изучения бассейнов, а на зрелых стадиях их освоения открываются только мелкие и мельчайшие месторождения» [1]. Аналогично «закон»

действует и в отношении других полезных ископаемых, в том числе каменного угля. Балансовые запасы ценных марок коксующихся каменных углей составляют одну пятую часть от всех запасов, что составляет практически половину от запасов каменных углей и сосредоточены они на большой глубине в крутых и крутонаклонных пластах в Кузбассе [2].

Важно отметить, что запасы в крутонаклонных пластах не формально относятся к трудноизвлекаемым запасам (ТРИЗ) [3, 4], что требует разработки новых технологий подземной добычи. Существующие технологии разработки крутонаклонных угольных пластов характеризуются повышенными эксплуатационными потерями угля, эндогенной пожароопасностью, низкой эффективностью и высокой опасностью ведения горных работ. По мнению ведущих экспертов [5], наступает новый этап поиска геотехнологий для отработки актуальных запасов.

С целью поддержания объемов добычи полезных ископаемых, а также для стабильного развития добывающей отрасли необходимо осваивать трудноизвлекаемые запасы с неблагоприятными геологическими условиями залегания, для чего необходимы новые эффективные технологии и оборудование, не требующие повышенных капиталовложений и эксплуатационных затрат в сравнении с уже традиционно используемыми. На перспективу важно, чтобы эти технологии были функционально совместимы с цифровыми технологиями в области автоматизации и роботизации основных и вспомогательных процессов добычи георесурсов.

По мнению авторов, при переходе от распространенного в настоящее время открытого способа разработки крутонаклонных угольных пластов к подземному могут быть эффективными комбинированные геотехнологии, в том числе при доработке запасов в границах горных отводов угольных разрезов.

Не только в России, но и в ведущих угледобывающих странах мира ведутся разработки технологий добычи угля из крутых и крутонаклонных пластов, что отражено во многих научных публикациях: в Китае [6], во Франции и Испании [7], в Польше [8], а также в патентных документах.

В России разработкой технологий отработки запасов крутонаклонных угольных пластов занимаются несколько групп ученых [9, 10]. Вопросы моделирования финансовой устойчивости угледобывающих компаний в условиях применения новых технологий изучают в Институте нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН [11, 12]. Геотехнологические исследования ведут ученые Си-

бирского государственного индустриального университета [13] и Университета науки и технологий МИСИС [14].

Теоретические основы организации горного производства базируются, как правило, на обосновании параметров систем разработки полезных ископаемых для различных горно-геологических условий [15]. Однако до настоящего времени не создано безопасной технологии и оборудования для отработки крутонаклонных пластов. По этой причине во многих угледобывающих странах такие пласти (участки пластов) нерабатываются, а консервируются. Поэтому возникает необходимость создания нового типа организационно-технологических систем [16, 17], объединяющих как организацию системы управления предприятием, так и перспективные системы разработки месторождений различных георесурсов.

Цель исследования – обосновать перспективные способы разработки крутонаклонных угольных пластов и средства их реализации.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования авторы применяли методы моделирования и прототипирования нового устройства – самопередвигающейся крепи. В процессе работы использовались методы патентного анализа и опрос экспертов – специалистов в сфере геотехнологий.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработка угольных и рудных месторождений представляет собой комплекс взаимосвязанных организационно-технологических процессов горного производства по извлечению полезных ископаемых из недр земли. При разработке крутых глубокозалегающих месторождений применяются, как правило, комбинированные системы [18]. При отработке запасов мощных крутонаклонных пластов применялись преимущественно системы разработки с короткими очистными забоями: щитовая, комбинированная с гибким перекрытием, с подэтажным обрушением, слоевые с закладкой выработанного пространства [19]. Таким образом, отечественный опыт разработки крутонаклонных угольных пластов морально устарел и неприемлем в существующих экономических условиях [20], а зарубежного положительного опыта не выявлено. В этих условиях основной фокус исследователей смешается от чисто технических решений в сторону создания эффективных организационно-технологических систем (ОТС), которые наряду с обеспечением

внедрения передовых технологических решений способствуют повышению их безопасности, эффективности и экономической целесообразности. Используя практико-ориентированный подход к ОТС, авторы разработали алгоритм поиска групп технологий, потенциально способных формировать эффективные ОТС в угольной отрасли, а также выполнили контент-анализ научных публикаций и патентных исследований, которые позволили выделить ряд приоритетных технологических направлений. С целью сужения и структуризации широкого круга потенциальных технологий был проведен экспертный опрос с целью выявления и ранжирования наиболее эффективных и многофункциональных (гибких) технологических решений для освоения ТРИЗ угля в крутонаклонных пластах. В выборку были включены 18 чел., в том числе геотехнологи в области подземной разработки угольных месторождений, геомеханики ($n = 6$), представители угледобывающих компаний ($n = 5$), представители органов государственной власти в сфере угольной отрасли и недропользования ($n = 3$); экономисты и экологи, специализирующиеся на минерально-сырьевом комплексе ($n = 4$). Выборка формировалась методом «снежного кома», отбор респондентов проводился на основе оценки их профессиональных знаний, публикационной активности и компетенций. Для структуризации и ранжиро-

вания перечня технологий использовалась открытая анкета, для оценки характера влияния перспективных технологий на ОТС – полуструктурированное интервью на основе гайда. В результате эксперты отметили приоритетную необходимость создания нового типа организационно-технологических систем, объединяющих как организацию системы управления предприятием (работа над элементами системы, функциями, принципами и методами) [21], так и перспективные системы разработки месторождений различных георесурсов, включающие в себя организацию работ (очередность выемки угля), технологии (открытый или подземный способ), оборудование, нормативные требования и регламенты, квалифицированные кадры [22]. Мнения экспертов совпали с основами базовой теории управления организационными системами, которые отличаются наличием процедур и правил, регламентирующих совместную деятельность членов организации (механизм функционирования) [23].

На основе практико-ориентированного подхода к ОТС в лабораториях Института угля (ФИЦ УУХ СО РАН) разработано несколько комбинированных способов обработки запасов крутонаклонных угольных пластов, одним из основных средств реализации которых является самопередвигающаяся крепь шагающего типа [24, 25] (рис. 1).

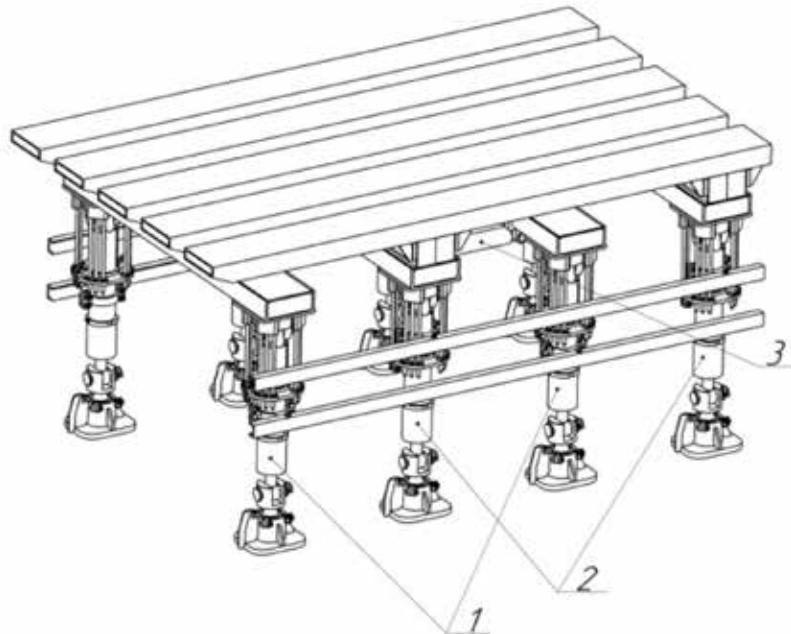


Рис. 1. Самопередвигающаяся крепь:
1 – первая секция; 2 – вторая секция; 3 – передвигающее устройство
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

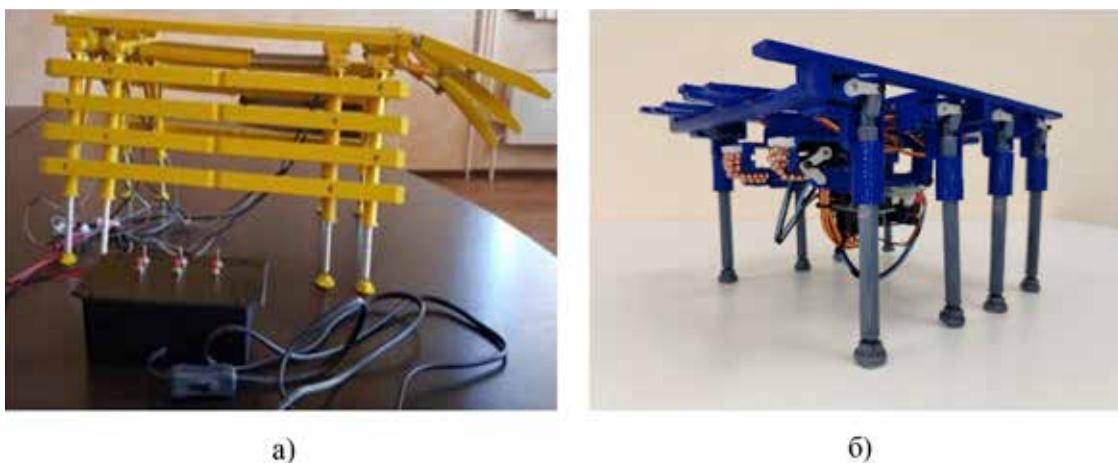


Рис. 2. Модели самопередвигающейся крепи:

а) модель с ручным управлением; б) модель с автоматическим управлением
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Одна из актуальных научных задач при создании самопередвигающейся крепи – это определение ее оптимальных технических параметров, обеспечивающих поддержку кровли и достаточных для восприятия возникающих нагрузок от пород кровли. При этом технические решения конструктива самопередвигающейся крепи напрямую зависят от значений нормативной нагрузки, действующей на крепь. Используя программный комплекс посредством решения 3D-задачи численного моделирования авторами был проведен расчет напряжений и деформаций угольного пласта и вмещающих пород в окрестности забоя по заданным исходным данным [26].

По результатам моделирования авторами установлено, что смещения пород кровли в заданной точке вблизи забоя постепенно увеличиваются по мере его подвигания. В итоге было выявлено, что при большой скорости подвигания подготовительного забоя, когда реализуются в основном только упругие деформации, смещения пород кровли вблизи забоя в 2,0–2,5 раза меньше смещений при остановленном забое, когда вмещающие выработку породы переходят в стадию нелинейного деформирования.

На основе метода физического моделирования в соответствии с ГОСТ Р 70023-2022 были разработаны конструктивные технические решения и обоснованы принципы работы и параметры самопередвигающейся крепи [27]. Для проведения экспериментальных исследований процесса передвижки секций крепи были разработаны и изготовлены соответствующие физические модели: с ручным управлением в масштабе 1:10 (рис. 2, а) и модель, воспроизводящая процесс пере-

движки секций в автоматическом режиме, в масштабе 1:25 (рис. 2, б).

В процессе эксперимента была проведена проверка принципа действий секций крепи при передвижении и непрерывной поддержке кровли, оценка правильности принятых технических решений, а также отработка процесса передвижки секций крепи способом шагания. Анализ полученных результатов показал, что конструктивные характеристики обеспечивают функцию передвижки секций крепи способом шагания, которая была воспроизведена при помощи автоматизированного/дистанционного управления по разработанному рабочему циклу передвижки секций. Результаты экспериментальных исследований позволили разработать и зарегистрировать программу для ЭВМ (№ 2021615981 «Программа управления роботизированной шагающей крепью»), а также получить патент на полезную модель (№ 229577 «Крепь механическая шагающая быстровозводимая»).

С целью определения патентной чистоты на территории Российской Федерации авторами были проведены патентные исследования по патентам на изобретения и полезные модели для крепи шагающего типа. В результате было выявлено 5 патентов, содержащих конструкции крепей шагающего типа, при этом конструкции опорных стоек всех выявленных шагающих крепей содержат гидравлические домкраты, в то время как в конструкции опорных стоек предмета патентных исследований используются механические домкраты. Таким образом, в результате патентного анализа не было выявлено ни одного патента, нарушающего патентную чистоту предмета патентных исследований.

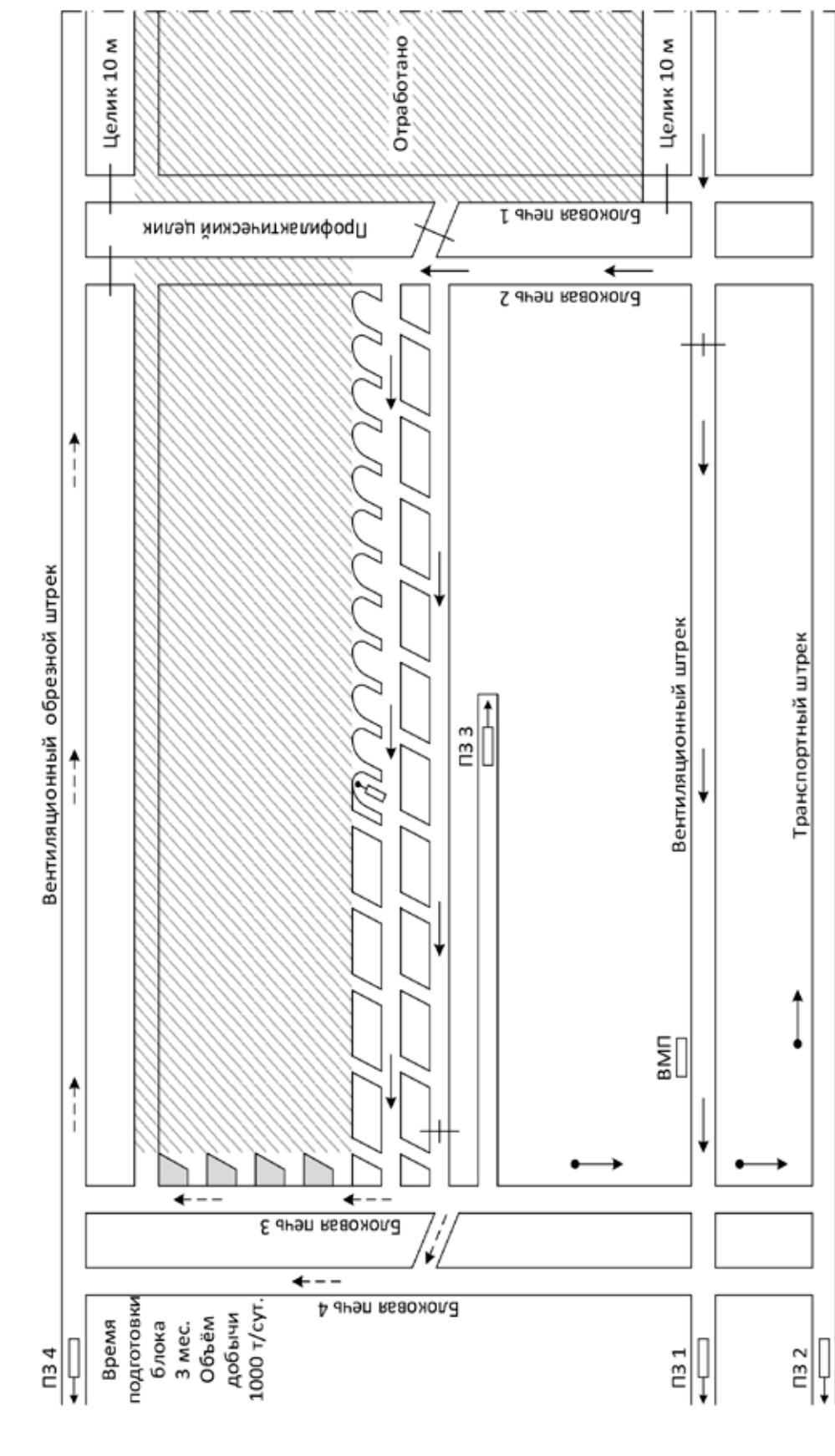


Рис. 3. Схема отработки блока камерно-столбовой системой разработки
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Анализ научных публикаций показал, что в 1980-е гг. были попытки отрабатывать крутонаклонные пласты горизонтальными и наклонными слоями с помощью механизированных комплексов по системе «Длинные столбы по простирианию» (ДСО), однако результаты были в основном негативные по причине возникновения эндогенных пожаров с полной потерей оборудования и угольных запасов [28].

Альтернативой технологии отработки пластов ДСО является камерно-столбовая система разработки (КСО), примененная при отработке угольных запасов на участке недр «Речной» АО «Салек», вскрытом наклонными стволами, схема подготовки панельная, длина панели принята 2500 м, размеры панели по падению пласта переменные, выемочный столб разделен на блоки размерами 200x200 м (250x300 м) в зависимости от геометрии участка недр [29]. Подготовка и отработка блоков осуществляются прямым или обратным ходом. Предпочтительный вариант отработки столба прямым ходом, что позволяет начать очистные работы через 6–8 месяцев с начала строительства. Горные работы ведутся в каждом блоке (рис. 3).

В зависимости от гипсометрии и мощности пласта блок может оконтуриваться сверху и снизу штреками, а по простирианию проводятся блоковые печи, от которых проводятся прямым ходом камеры, обратным ходом между камерные целики частично отрабатываются заходками (ПЗ – часть угольного массива, вынимаемая в забое за один полный технологический цикл). В одновременной работе находятся четыре проходческих комбайна (рис. 3, ПЗ 1, ПЗ 2, ПЗ 3, ПЗ 4). Плановая добыча угля составляет до 1000 т в сутки. Транспортировка горной массы от комбайнов до конвейера на транспортном штреке осуществляется самоходными вагонами.

Преимущества КСО по сравнению с ДСО: возможность отработки выемочных участков сложной геометрической формы с переменной мощностью пласта и при наличии геологических нарушений; регулирование объемов добычи в соответствии с потребностями угольного рынка посредством выемки блоков с горной массой заданного качества или отработки одновременно двух-трех блоков; снижения оседаний земной поверхности и исключение провалов земной поверхности за счет плавного опускания подработанных пород при длительном разрушении угольных целиков.

Недостатки КСО: потери угля до 30%; необходимость тщательной изоляции вы-

емочных блоков для предотвращения эндогенных пожаров. Решить проблему возможно, если применить способ подготовки запасов в этаже и подэтаже в форме объема выемочного блока (ОВБ), который позволяет снизить вероятность возникновения эндогенных пожаров ввиду уменьшения инкубационного периода самовозгорания угля, а также упростить, а следовательно, удешевить выпуск горной массы из ОВБ [30, 31]. Известный горный инженер Л. М. Строяковский предлагает способ комбинирования (совмещения – МКБК) механизированного комплекса (МК) и буровзрывного комплекса (БК) [32, 33]. Суть комбинированного способа состоит в следующем. Предлагается механизированный комплекс расположить не горизонтально, а по нормали к углу падения крутонаклонного пласта к горизонтальной плоскости с образованием в выработанном пространстве двух плоскостей скатывания. В пространственном виде это вытянутая по простирианию угольной толщи воронка, у которой одна сторона – это почва пласта с природным углом падения, а вторая сторона образована с помощью угольного комбайна и являющаяся опорной плоскостью для оснований секций крепи механизированного комплекса. Угол наклона этой опорной плоскости равен (условно) углу падения пласта, и по ней весь разрушенный угольный массив будет скатываться под собственным весом к устью воронки по всей ее длине (рис. 4). Таким образом, объем горной массы, заключенный между этими плоскостями и ограниченный (условно) сверху отработанным горизонтом, является объемом выемочного блока в подэтаже.

Принцип работы технологии МКБК-К (комбинированная):

Механизированный комплекс оснащен секциями крепи с системой устойчивости, угольным комбайном и скребковым конвейером (опорная база для комбайна, вместо конвейера можно применить другую, более простую базу). МК вынимает угольную толщу на мощность 2,5–3,0 м. При этом первая секция крепи опирается своей боковой плоскостью на породы почвы пласта. Первая секция крепи обеспечивает сопряжение со скважинами и имеет функцию корректировки положения второй секции. Последняя секция крепи обеспечивает крепление сопряжения лавы с вентиляционным штреком на контакте с кровлей пласта и является базой для привода конвейера и комбайна. «МК» оснащается стандартным насосным оборудованием, электропусковыми агрегатами.

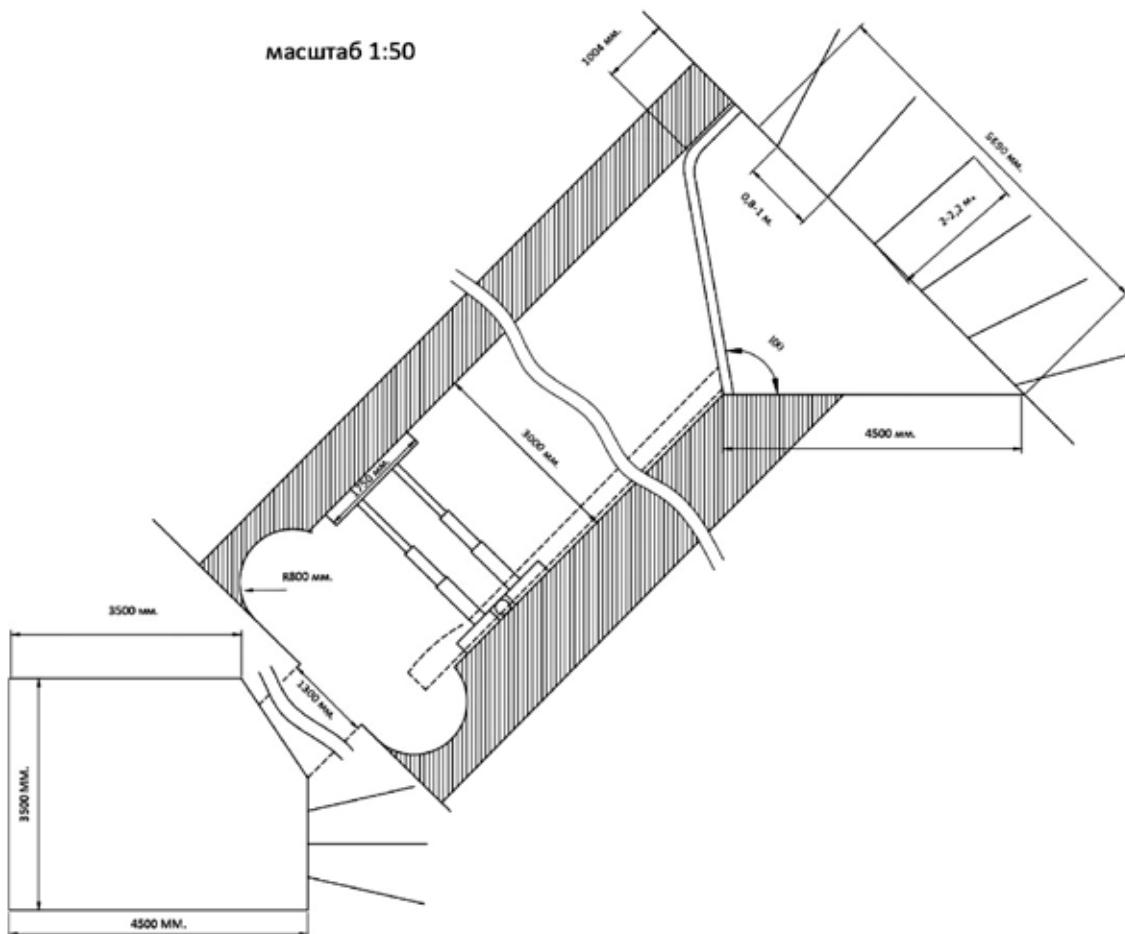


Рис. 4. Расположение механизированного комплекса в лаве
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Угольный комбайн, перемещаясь по своей базе, вынимает полосу угля вдоль забоя. Вслед за комбайном идет передвижка секций крепи (ход домкрата передвижки равен ширине выемочной полосы), и горная масса обрушается за секциями крепи, заполняя образованную воронку. Далее, разрыхленная горная масса из воронки может быть выпущена через скважины большого размера на полевой конвейерный штрев, проходка которого осуществляется перед началом отработки лавы с помощью проходческого комбайна. Параллельно с проходкой ведется работа по бурению в сторону ОВБ скважин большого размера. Угол наклона скважин к линии горизонта такой же, как и угол падения угольной толщи. Бурение скважин должно выполняться заранее, одновременно с проходкой выработки, чтобы исключить попадание породы в добываемую от МКБК-К горную массу. Именно через эти скважины при работе механизированного комплекса производится выпуск

угля на конвейер, подача свежей струи воздуха для проветривания лавы, а сзади комплекса производится дозированный выпуск разрыхленного угля на этот же или дополнительный конвейер.

Таким образом, появляется возможность выпустить 100 % горной массы не только ОВБ, очерченного условно отработанным ранее горизонтом, но и горную массу, оставленную при отработке этого горизонта. Соответственно, удельные затраты на одну тонну подготовленных запасов могут быть существенно снижены.

Заключение

На основе анализа имеющегося практического опыта и известных технологий выявлены перспективные комбинированные организационно-технологические системы отработки трудноизвлекаемых угольных запасов подземным способом.

Рассмотрены преимущества камерно-столбовой системы разработки в сравнении

с длинными столбами по простиранию, заключающиеся в возможности отработки выемочных участков сложной геометрической формы с переменной мощностью пласта в условиях геологических нарушений, а также в возможности регулирования объемов добычи в соответствии с потребностями угольного рынка посредством выемки блоков с горной массой заданного качества или отработки одновременно нескольких блоков.

Проанализированы возможности комбинированного (совмещения) механизированного и бурошнекового комплекса, что позволяет модифицировать способ подготовки запасов в этаже и подэтаже крутонаклонных угольных пластов. Как результат значительно снижается вероятность возникновения эндогенных пожаров ввиду уменьшения инкубационного периода самовозгорания угля.

Авторы полагают, что предложенные высокопроизводительные технологии позволяют снизить себестоимость добычи полезных ископаемых, обладают потенциалом для их роботизации, что, в свою очередь, будет способствовать активному внедрению перспективных организационно-технологических систем для отработки трудноизвлекаемых природных ресурсов подземным способом.

Список литературы

1. Конторович А.Э., Эдер Л.В., Филимонова И.В., Мишенин М.В., Немов В.Ю. Нефтяная промышленность исторически главных центров Волго-Уральской нефте-газоносной провинции, элементы их истории, ближайшие и отдаленные перспективы // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 12. С. 2097–2114. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27526645&ysclid=mhhcdv4a6m260137697> (дата обращения: 15.11.2025).
2. Линник В.Ю. Методологические основы прогнозирования подземной разработки угольных месторождений с учетом показателей сырьевой базы: автореф. дис. ... докт. экон. наук. Москва: Государственный университет управления. 2012. 39 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30377662&ysclid=ml4yvn5j3d937145420> (дата обращения: 15.11.2025).
3. Геолого-промышленная карта Кузнецкого бассейна. М.-б 1:100000: Объяснительная записка / Под ред. А.З. Юзвицкого. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. 128 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01010100647?ysclid=mhhcmbixsa776150418> (дата обращения: 15.11.2025).
4. Шакlein С.В., Писаренко М.В. Нетрадиционные технологии добычи угля – основа интенсивного освоения минерально-сырьевой базы Кузбасса // Горная промышленность. 2010. № 4. С. 22–25. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=mwbcar&ysclid=mhhcr4hdfv538773500> (дата обращения: 15.11.2025).
5. Шакlein С.В., Писаренко М.В., Рогова Т.Б. Тенденции развития минерально-сырьевой базы угольной промышленности Кузбасса // Техника и технология горного дела. 2024. № 1 (24). С. 4–22. DOI: 10.26730/2618-7434-2024-1-4-22.
6. Lv W., Guo K., Wu Y., Tan Y., Ding K., Li B. Compression characteristics of local filling gangue in Steeply Dipping Coal Seam // Energy Explor. Exploit. 2022. Vol. 40. № 1. P. 014459872110736. URL: https://www.researchgate.net/publication/358033567_Compression_characteristics_of_local_filling_gangue_in_Steeply_Dipping_Coal_Seam (дата обращения: 20.11.2025). DOI: 10.1177/01445987211073627.
7. Likar J., Medved M., Lenart M., Mayer J., Malenković V., Jeromel G., Dervarić E. Analysis of geomechanical changes in hanging wall caused by longwall multi top caving in coal mining // J. Min. Sci. 2012. № 48. P. 135–145. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1062739148010157> (дата обращения: 20.11.2025).
8. Zbigniew Rak other. Technical Aspects of Mining Rate Improvement in Steeply Inclined Coal Seams: A Case Study. Resources. 2020. Vol. 9 (12). P. 138. URL: <http://www.mdpi.com/journal/resources> (дата обращения: 16.11.2025). DOI: 10.3390/resources9120138.
9. Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Разработка трудноизвлекаемых запасов угля крутых и крутонаклонных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 5 (147). С. 91–101. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-91-101.
10. Никитенко М.С., Малахов Ю.В., Никитенко С.М. Роботизированный комплекс по отработке мощных крутонаклонных пластов угля и рудных месторождений // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2017. № 3. С. 248–251. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29372342&ysclid=mhhczyqzd204343340> (дата обращения: 16.11.2025).
11. Филимонова И.В., Никитенко С.М., Рожков А.А., Проворная И.В., Госсен Е.В., Вострова Д.С. Вопросы моделирования финансовой устойчивости угледобывающих компаний в условиях неопределенности внешней среды // Уголь. 2022. № 5 (1154). С. 18–25. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ukzcf&ysclid=mhhdi18h2y819012606> (дата обращения: 16.11.2025).
12. Goosen E.V., Kagan E.S., Nikitenko S.M., Pakhomenko E.O. Evolution of VAC in the context of coal industry advance in the conditions of digitization in Russia // Eurasian Mining. 2019. № 2. С. 36–40. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=akrzlx&ysclid=mhhdi21f43n135810193> (дата обращения: 20.11.2025).
13. Клишин В.И., Фрянов В.Н., Павлова Л.Д., Никитенко С.М., Малахов Ю.В. Исследование взаимодействия многофункциональной шагающей крепи с массивом горных пород при проведении подземных выработок // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 3. С. 3–12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46301756&ysclid=mhhd3jjks646180815> (дата обращения: 16.11.2025).
14. Мельник В.В., Ефимов В.И., Корчагина Т.В., Попов А.И., Музаров Г.Г. Опыт отработки крутых угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 11. С. 18–38. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-18-38.
15. Каплунов Д.Р. Развитие теоретической базы проектирования горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S1. С. 391–406. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?ysclid=mizugc4le80494960&id=23022521> (дата обращения: 09.12.2025).
16. Раев В.К. Организационные системы // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 1 (11). С. 94–100. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37369315&ysclid=mizulmvxlj942684384> (дата обращения: 09.12.2025).
17. Сальников Е.А. Управление в организационных системах. В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023). Труды Шестнадцатой международной конференции. М., 2023. С. 885–892. DOI: 10.25728/mlsd.2023.0885.
18. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 16-2023 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».

- [Электронный ресурс]. URL: <https://burondt.ru/> (дата обращения: 09.12.2025).
19. Ефимов В.И., Абрамкин Н.И., Стась П.П. Отработка круговых угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 4. С. 20–29. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-20-29.
20. Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Геотехнологическое обоснование эффективной комплексно-механизированной разработки кругонаклонных угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 1 (65). С. 15–19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9932961&ysclid=mjlasueixv386332573> (дата обращения: 12.11.2025).
21. ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014. Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология. [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/> (дата обращения: 09.12.2025).
22. Шехурдин В.К., Несмотряев В.И., Федоренко П.И. Горное дело: учебник для техникумов. М.: Недра, 1987. 440 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://dwg.ru/lib/458> (дата обращения: 20.11.2025).
23. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и доп. М.: ЛЕНАНД, 2022. 500 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/357469239_Teorija_upravlenija_organizacionnymi_sistemami (дата обращения: 09.12.2025). ISBN 978-5-9710-9459-3.
24. Клишин В.И., Малахов Ю.В., Никитенко С.М., Стародубов А.Н., Никитенко М.С. Механизированная шагающая крепь как платформа для создания высокоэффективных проходческих и очистных комплексов // Развитие производительных сил Кузбасса: история, современный опыт, стратегия будущего. Международная научно-практическая конференция. М., 2024. С. 192–210. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=74530128&ysclid=mhhd4qjty2685552296> (дата обращения: 09.12.2025).
25. Никитенко С.М., Смирнов А.Н., Гоосен Е.В., Королев М.К. Комбинированные технологии добычи трудноизвлекаемых георесурсов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2025. № 4. С. 56–62. DOI: 10.18799/24131830/2025/12/5080.
26. Малахов Ю.В., Никитенко С.М., Фрянов В.Н. Превращение горно-геологических рисков обрушений пород кровли при проходке подземных горных выработок // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 6 (170). С. 60–69. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-6-60-69. EDN: PSXJHZ.
27. Никитенко С.М., Кизилов С.А., Малахов Ю.В. Механическая крепь для ликвидации последствий аварий в подземных горных выработках // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4 (72). С. 8–18. URL: <https://journals.igps.ru/ru/nauka/article/94677/view> (дата обращения: 09.12.2025).
28. Станкус В.М., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Перспективы подземной добычи угля дефицитных марок из кругонаклонных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 10. С. 106–109. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12941296&ysclid=mizupi0lsf511238922> (дата обращения: 09.12.2025).
29. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН: официальный сайт. Кемерово. 2017–2019. [Электронный ресурс]. URL: https://test.ficuuh.ru/science/ftp/14_604_21_0173/ (дата обращения: 09.12.2025).
30. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по определению инкубационного периода самовозгорания угля». Зарегистрирован Министром России 5 июля 2013 г. Регистрационный № 28997. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149361/7f5bfa2f7c3323ba2eb3ceebaf6b8a970628bd1a/ (дата обращения: 09.12.2025).
31. Соловьев В.А., Секунцов А.И., Скопинов М.В. Пластовая подготовка выемочных блоков при разработке верхнекамского месторождения калийных солей // ГИАБ. 2014. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21391974&ysclid=mizux6hyq2964027717> (дата обращения: 09.12.2025).
32. Косарев И.В., Андреев Г.В., Волотов А.Е., Коненко Р.В., Строяковский Л.М., Чайков Е.М. Исполнительный орган бурошнековой установки. Патент на полезную модель RU 229828 U1, 30.10.2024. Заявка № 2024120123 от 15.07.2024. [Электронный ресурс]. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (дата обращения: 09.12.2025).
33. Косарев И.В., Строяковский Л.М., Косарев В.В., Андреев Г.В., Чайков Е.М., Коненко Р.В., Маленков С.В. Рабочий орган бурошнековой машины. Патент на полезную модель RU 231904 U1, 17.02.2025. Заявка № 2024132594 от 25.10.2024. [Электронный ресурс]. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet/ (дата обращения: 09.12.2025).

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 ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2026-0001 «Разработка комплексных геотехнологий добычи запасов угля в сложных горно-геологических условиях без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, а также методов повышения эффективности эксплуатации и контроля технического состояния роботизированного оборудования» (рег. № 1023032000051-1-1.5.1;2.7.5).

Financing: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, project FWEZ-2026-0001 “Development of complex geotechnologies for the extraction of coal reserves in complex mining and geological conditions without the constant presence of people in mining areas, as well as methods for improving the efficiency of operation and monitoring the technical condition of robotic equipment” (reg. No. 1023032000051-1-1.5.1; 2.7.5).

УДК 004.912:004.85
DOI 10.17513/snt.40651

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕКСТОВЫХ ДРАЙВЕРОВ ВОВЛЕЧЕННОСТИ АУДИТОРИИ БРЕНДА В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА НА ОСНОВЕ ГРАФО-РЕГУЛЯРИЗОВАННОГО ПОДХОДА

Родионов Д.Г. ORCID ID 0000-0002-1254-0464,
Поляков П.А. ORCID ID 0009-0008-6227-3625,
Конников Е.А. ORCID ID 0000-0002-4685-8569,
Старченкова О.Д. ORCID ID 0009-0009-1168-2362

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург,
Российская Федерация, e-mail: contact@polytech-invest.ru*

В условиях экспоненциального роста объёмов текстовых данных в социальных сетях задача определения причинно-следственного влияния семантических конструкций на вовлечённость аудитории становится особенно актуальной. Целью работы является разработка комплексного метода анализа такого влияния, сочетающего метод частичных наименьших квадратов для снижения размерности данных и графовую регуляризацию для учёта семантической близости фраз. В рамках исследования предложена модель, которая на этапе обработки данных строит граф семантической близости на основе векторных представлений фраз и применяет комбинированную регуляризацию для стабилизации оценок. Метод был апробирован на корпусе постов бренда Nissan. Результаты показали, что предложенный подход существенно превосходит альтернативные методы по точности прогнозирования и позволяет выделить устойчивый набор фраз, оказывающих значимое влияние на вовлечённость. Выявлено, что метод корректно оценивает вклад отдельных выражений, устранив смещения, характерные для наивных статистических подходов, и эффективно разделяет эффект контекста и эффект конкретных формулировок. В заключение отмечается, что разработанный метод обеспечивает интерпретируемый и устойчивый каузальный вывод, что делает его практическим инструментом для поддержки принятия решений в контент-маркетинге.

Ключевые слова: социальные медиа, вовлечённость пользователей, частичные наименьшие квадраты, графовая регуляризация, каузальный анализ текста

IDENTIFYING TEXTUAL DRIVERS OF BRAND AUDIENCE ENGAGEMENT IN SOCIAL MEDIA BASED ON A GRAPH-REGULARIZED APPROACH

Rodionov D.G. ORCID ID 0000-0002-1254-0464,
Polyakov P.A. ORCID ID 0009-0008-6227-3625,
Konnikov E.A. ORCID ID 0000-0002-4685-8569,
Starchenkova O.D. ORCID ID 0009-0009-1168-2362

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", St. Petersburg,
Russian Federation, e-mail: contact@polytech-invest.ru*

Amid the explosive growth of textual content in social media, it becomes critically important to identify the causal impact of post characteristics on audience response rather than relying solely on correlations. Classical correlation tests poorly account for context and confounding factors, while deep neural networks often remain a “black box,” sacrificing interpretability. The authors propose a graph-regularized model that estimates the effect of semantic phrases on user engagement. First, textual features are compressed using partial least squares, after which semantic-graph regularization is introduced to smooth effect estimates across semantically similar phrases and reduce variance. Using a dataset from the Nissan brand, the method is shown to outperform alternatives in predictive accuracy and to produce a stable list of influential key phrases with confidence intervals. The approach provides interpretable estimates of the uplift of individual expressions, suppressing contextual “noise” and correcting inflated effects produced by naive methods, thereby revealing actionable engagement triggers to support marketing decisions. The graph is constructed based on cosine similarity of phrase embeddings; estimation is performed via cross-validation, and intervals are obtained via bootstrapping. Sensitivity analysis shows that the ranking of phrases remains stable under changes in the time period, increasing confidence in the findings and practical suitability for A/B testing.

Keywords: social media, user engagement, partial least squares, graph regularization, causal text analysis

Введение

Социальные медиа стали доминирующим каналом коммуникации между брендами и широкой аудиторией. Эффективность этой коммуникации измеряется вовлечён-

ностью – метрикой, отражающей активную реакцию пользователей. Возникает сложная обратная задача, заключающаяся в определении текстовых компонент поста, которые вызывают рост вовлечённости. Актуаль-

ность вопроса обусловлена ограничениями существующих методов. Классические инструменты анализа текста развивались в парадигме тематического моделирования и классификации контента, тогда как выявление причинно-следственных эффектов текста на внешнюю реакцию изучено недостаточно. С одной стороны, попытки оценить влияние отдельных слов и фраз простыми статистическими тестами страдают конфаундингом – фраза может коррелировать с откликом не благодаря своей семантике, а вследствие присутствия в постах определённой популярной тематики. С другой стороны, в задачах прогнозирования популярности контента сегодня доминируют сложные нейросетевые модели, которые обеспечивают высокую точность ценой потери прозрачности. Существует потребность в новых методах, способных работать с высокоразмерными разреженными текстовыми данными, учитывать семантический контекст и при этом давать статистически корректные и интерпретируемые оценки влияния языковых конструкций на метрики вовлечённости.

Ряд недавних работ сфокусирован на том, какие характеристики текста связаны с реакцией аудитории. Например, тон и структура призывов к действию могут существенно влиять на отклик. Показано, что CSR-посты компаний, побуждающие аудиторию к участию в игровых акциях или программах, собирают больше лайков и репостов, тогда как избыточные призывы к обсуждению или одновременное использование нескольких разных призывов снижают вовлечённость [1]. Исследование Gkikas et al. выявило, что читаемость и объём текста, а также число хэштегов статистически значимо связаны с повышением пользовательской активности [2]. Легко читаемые и достаточно длинные описания (более 30 слов, >320 символов) с большим количеством меток показывают более высокий уровень вовлечённости аудитории. Анализ миллионов сообщений в X (бывший Twitter) также подтверждает решающую роль содержимого текста. Так, сравнительное исследование Toraman et al. (2022) показало, что семантика твита является основным драйвером вовлечённости, тогда как идентичность или популярность автора играет меньшую роль [3]. Помимо читаемости и семантики, важным фактором выступает эмоционально-смысловая окраска контента. Например, Saquete et al. (2022) применили анализ мнений и ассоциативных правил для выявления паттернов вирусного распространения сообщений и объяснения, почему одни посты становятся популяр-

нее других [4]. Авторы показали, что определённые сочетания сентимента и тематики значительно повышают «виральность» контента. Существенное влияние оказывает и формулировка заголовков и текстов анонса. Даже при контроле темы и автора разные варианты заголовка заметно влияют на успех поста в Reddit [5]. В совокупности, предыдущие исследования подтверждают. Текстовые особенности публикаций оказывают измеримое влияние на вовлечённость аудитории.

Для количественного предсказания отклика широко используются модели машинного обучения – от регрессий до глубоких нейронных сетей [6]. Так, на данных конкурсов RecSys показано, что предобученные языковые модели способны довольно точно предсказывать метрики реакции по тексту поста [7]. Развиваются и гибридные подходы. Например, предложены графовые нейросети, учитывающие взаимосвязи пользователей при прогнозировании вовлечённости в X (бывший Twitter), а также быстрые сверточные модели, оптимизированные под соревнования рекомендаций контента [8, 9]. Вместе с тем в социальной информатике набирают популярность и каузальные подходы, нацеленные на выявление причинно-следственных связей. В период пандемии COVID-19 предпринимались попытки применить байесовские сети для отсеивания ложных корреляций и идентификации факторов, действительно влияющих на активность пользователей в соцсетях [10]. В сфере маркетинга появились и новые методы целенаправленно для текстовых данных. Lemaire et al. предложили фреймворк на основе эмбеддингов и инструментов причинного вывода, который изолирует вклад отдельных слов, контролируя фоновые переменные [11].

Структурные недостатки «чёрных ящиков» удаётся решить за счёт использования статистических моделей с латентными переменными. Перспективным инструментом зарекомендовал себя метод частичных наименьших квадратов (Partial Least Squares, PLS) [12]. В задачах с большим числом коррелированных признаков PLS позволяет одновременно выполнить снижение размерности и регрессионный анализ, максимально сохраняя связь «признаки – отклик». Он был успешно применён в различных областях – от хемометрии до анализа поведения пользователей соцсетей. В частности, Yang et al. (2021) интегрировали тематическое моделирование текстов с PLS-SEM для изучения экологических настроений в соцмедиа и подтвердили эффективность PLS-методов для выявления структурных

причинно-следственных связей в данных социального мониторинга [13]. В последние годы развиваются расширения классического PLS, сохраняющие его интерпретируемость на новых типах данных. Например, Vicente-Gonzalez et al. (2025) предложили бинарный PLS (BPLSR) для случаев категориального отклика, дополнив его наглядной визуализацией «триплот», что позволило интерпретировать взаимосвязи между наборами бинарных переменных по обе стороны модели [14]. Однако прямое применение линейных моделей (включая PLS) к текстовым признакам сталкивается с проблемой потери лексической структуры. Отдельные слова и фразы не независимы, а образуют группы синонимов и близких выражений. Стандартные методы регуляризации в таких случаях произвольно выбирают один из коррелированных признаков, обнуляя остальные, – что противоречит лингвистической интуиции и снижает устойчивость модели. Для решения этой проблемы в аналитике данных все шире применяется графовая регуляризация, вводящая априорные связи между признаками. Идея состоит в построении графа, где узлы – признаки (фразы), а ребра соединяют семантически сходные выражения [15]. Добавление в функционал регрессии штрафа за разрывы между соседями по графу сглаживает коэффициенты модели. Такой подход уже реализован, например, в задачах факторизации и кластеризации [16]. Регуляризация по графу позволяет учесть внутренние сходства в данных и за счет этого повысить устойчивость выделяемых факторов. В данном исследовании графовая регуляризация применяется впервые в сочетании с PLS для задач текстовой регрессии, что, по сути, встраивает знание о семантической близости слов в модель влияния контента [17].

Цель исследования – разработать и экспериментально верифицировать графо-регуляризованную PLS-модель, которая даёт статистически устойчивые и интерпретируемые оценки инкрементального прироста вовлечённости аудитории в публикацию, снижая смещения, вносимые контекстом, и тем самым обеспечивает прикладной инструмент для выявления формулировок-драйверов реакции аудитории и поддержки решений в контент-маркетинге.

Материалы и методы исследования

Рассматривается датасет из N социальных медиапостов одной тематики. Каждый пост имеет текст и числовой показатель вовлечённости – например, число комментариев. Обозначим через $X \in R^{N \times m}$ матрицу признаков, где $x_{ij} = 1$, если в j -м посте ис-

пользована i -я фраза из словаря, и $x_{ij} = 0$ иначе. Вектор $y \in R^N$ содержит значение метрики вовлечённости для каждого поста (y_i – количество комментариев к j -му посту). Требуется построить модель $f: X \mapsto y$, которая позволяет предсказывать уровень отклика по содержимому поста и даёт интерпретируемые оценки вклада отдельных фраз, то есть выявляет фразы-драйверы вовлечённости и количественно оценивает их uplift – прирост отклика при присутствии фразы.

Метод частичных наименьших квадратов выполняет проекцию исходных признаков X в пространство латентных компонентов с одновременной оптимизацией их прогностической значимости для целевой переменной y . В данной работе используется PLS2 – вариант, позволяющий моделировать многомерный отклик. Алгоритм PLS итеративно извлекает набор скрытых компонентов $t_k = X^T w_k$ – линейных сочетаний исходных признаков, – которые максимизируют ковариацию с откликом:

$$t_k = \arg \max_{\|w\|=1} \text{Cov}(X^T w, y).$$

Компоненты вычисляются последовательно с ортогонализацией по предыдущим. Итоговая модель представляет собой регрессию y на d извлечённых компонент:

$$y \approx \beta_0 + \sum_{k=1}^d c_k t_k.$$

Вектор $c = (c_1, \dots, c_d)$ определяется методом наименьших квадратов. Восстановление коэффициентов при исходных признаках происходит посредством разложения $X = TP^T + E$ (где $T = (t_1, \dots, t_d)$, aP – матрица нагрузок), после чего оценка влияния i -го признака вычисляется как

$$b_i = \sum_{k=1}^d w_{ik} c_k.$$

Эти коэффициенты $b \in R^m$ представляют оценочные вклады каждой фразы в отклик. На малых выборках PLS обладает преимуществом перед обычной регрессией и даже RIDGE/LASSO, избегая проблемы мультиколлинеарности. За счёт ограничения пространства несколькими компонентами $d \ll m$ метод устойчиво оценивает влияния даже при $m \gg N$. Однако без дополнительной регуляризации PLS-модель будет выбирать из группы коррелированных фраз одну произвольную, присваивая другим нулевые коэффициенты. Для текстовых данных это означает, что синонимичные или схожие по смыслу выражения могут получить силь-

но различающиеся оценки b_i . Чтобы учесть априорные связи между текстовыми признаками, в модель вводится графовая регуляризация. Составляется ненаправленный граф семантической близости $G = (V, E)$, где вершины V соответствуют уникальным фразам. Ребро $(i, j) \in E$ проводится между двумя фразами, если они близки по смыслу. Для количественной оценки семантической близости используется косинусное сходство между векторными представлениями фраз. Если e_i – эмбеддинг фразы i , то вес ребра задаётся как w_{ij} при превышении заданного порога. Полученный взвешенный граф отражает структуры синонимичных и тематически связанных выражений в корпусе. Регуляризация по графу вводится в функционал оптимизации модели в виде штрафа на разрыв значений коэффициентов соседних вершин. Для вектора регрессионных коэффициентов b добавляется пенальты вида формула (1):

$$\Omega(b) = \frac{\lambda}{2} \sum_{(i, j) \in E} w_{ij} (b_i - b_j)^2 = \lambda b^T L b. \quad (1)$$

$$\hat{b} = \arg \min_b \|y - X^T b\|_2^2 + \lambda b^T L b \quad s.t. \quad b \in \text{Span}(W), \quad (2)$$

где условие $b \in \text{Span}(W)$ означает, что вектор коэффициентов лежит в пространстве, порождённом колонками W (то есть учитываются только компоненты, извлечённые PLS). Фактически, GR-PLS добавляет к PLS-регрессии квадратичный штраф на разности $b_i - b_j$ для связанных вершин графа. Задача является выпуклой и решается через систему нормальных уравнений с поправкой Лапласиана: $(XX^T + \lambda L)b = Xy$. В данном экспериментальном прототипе подбор оптимального λ осуществлялся по критерию минимизации ошибки предсказания на контрольной подвыборке. В качестве количественной меры влияния текстовой фразы на вовлечённость используется её uplift – относительный прирост целевой метрики при использовании данной фразы. Если \hat{y}_j – предсказанное моделью значение отклика для поста j , то uplift фразы i определим как процентное изменение \hat{y}_j при добавлении фразы i в текст (3):

$$U_i = \frac{\hat{y}_{(x_{ij}=1)} - \hat{y}_{(x_{ij}=0)}}{\hat{y}_{(x_{ij}=0)}} \times 100\%, \quad (3)$$

где $\hat{y}(x_{ij} = 0)$ – прогноз модели для того же поста, но с обнулённым признаком i . В линейной модели это упрощается.

В формуле (1) L – лапласиан графа G , $\lambda > 0$ – коэффициент регуляризации. Данный член штрафует ситуацию, когда две семантически близкие фразы имеют сильно различающиеся оценки влияния. Минимизация $b^T L b$ эквивалентна требованию гладкости распределения эффектов на графе. Модель по возможности будет присваивать схожие коэффициенты синонимичным выражениям. Это позволяет «заимствовать силу» между редкими и частотными синонимами. Даже если какая-то фраза встречается редко и её индивидуальный эффект статистически незначим, но у неё есть более частотные синонимичные соседи с уверенно положительным влиянием, регуляризация подтянет оценку редкой фразы вверх. Предлагаемый Graph-Regularized PLS сочетает описанные элементы. На первом этапе выполняется PLS. Вычисляются матрица компонент T и веса $W = (w_{ik})_{m \times d}$. Затем решается задача регрессии с графовой регуляризацией в пространстве исходных признаков. Эквивалентно можно рассматривать, что сразу получили оценки b_i из решения оптимизационной задачи (2):

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_k b_k x_k,$$

$$\text{поэтому } U_i \approx \frac{b_i}{y_{\text{base}}} \times 100\%.$$

В GR-PLS расчёт uplift основан на регуляризованных коэффициентах \hat{b}_i . Таким образом, положительный U_i означает, что присутствие фразы i в тексте статистически увеличивает ожидаемую вовлеченность на U_i процентов против среднего уровня, отрицательный – снижает.

Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на то что эмпирическая проверка выполнена на данных одного бренда, такой дизайн апробации является методологически оправданным и достаточным для демонстрации работоспособности GR-PLS в прикладных условиях. Во-первых, фокус на одном бренде фиксирует аудиторию, тон коммуникации и стратегию публикаций, тем самым снижая межбрендовую гетерогенность и позволяет проверять именно целевую способность метода отделять вклад конкретных формулировок от эффекта контекста внутри однородного коммуни-

кационного потока. Во-вторых, выбранный корпус воспроизводит ключевые реальные сложности задачи высокой размерности и разреженности матрицы фраз, сильной коррелированности и синонимичности выражений, а также наличия контекстных смешивающих факторов, из-за чего требуется прохождение всей технологической цепочки метода от извлечения фраз и построения семантического графа до подбора регуляризации и получения интерпретируемых оценок эффектов с доверительными интервалами. В-третьих, устойчивость результатов дополнительно контролируется процедурно через валидацию на отложенных данных или кросс-валидацию, бутстррап-интервалы и анализ чувствительности по временным подвыборкам, что повышает доверие к выявленным драйверам и демонстрирует практическую применимость подхода для поддержки решений в контент-маркетинге при выборе формулировок и планировании А/В-проверок. Забегая вперёд, отметим, что экспериментальная апробация также проводилась на данных других брендов, где были получены аналогичные воспроизводимые результаты, согласующиеся с выводами, представленными ниже.

Для апробации метода использовались данные официальной страницы автоконцерна Nissan в социальной сети. Из выгрузки выбрана однородная выборка из 200 постов бренда, каждый с текстовым описанием и числом пользовательских комментариев, как основной метрикой вовлечённости. Тексты подвергнуты очистке. Словарь уникальных значимых фраз составил $m = 784$, матрица признаков X разреженная (плотность $\sim 1.6\%$). Граф семантической близости фраз построен на основе дистрибутивных эмбеддингов. Использована модель Word2Vec по корпусу брендовых постов, для каждой фразы вычислен вектор как среднее слов, далее для каждой пары фраз с косинусным сходством >0.7 проведено ребро. Полученный граф имел 784 вершин и 4 690 ребер. Параметры GR-PLS. Число латентных компонент $d = 10$, коэффициент регуляризации графа оптимизирован по отложенной выборке (лучший $\lambda \approx 0.1$).

Таблица 1 содержит качество предсказания вовлечённости для предлагаемого метода и базовой модели без учета графа. В качестве базы выбрана PLS-регрессия без регуляризации (с тем же $d = 10$). Видно, что включение графовой регуляризации существенно повышает объясняющую способность модели: R^2 увеличивается с ~ 0.17 до ~ 0.31 на тестовых данных. Также значительно снизилась среднеквадратичная ошибка (RMSE). Это свидетельствует,

что учет семантических связей между фразами позволяет модели устойчивее выявлять истинные эффекты и лучше обобщать на новые наблюдения.

Главное преимущество GR-PLS – способность выявлять конкретные текстовые драйверы вовлечённости. Также стоит отметить, что графовая регуляризация явно сгладила оценки внутри семантических групп. Близкие по теме фразы получили сопоставимые веса. Например, кластер фраз, связанных с переходом на сайт, во всех случаях получил положительные коэффициенты $b_i \approx 0.25\text{--}0.3$. Это отличается от разрозненных результатов, которые показывала модель без графа. Аналогично, синонимичные призывы к участию в конкурсе сгруппировались и все получили очень высокий положительный вес.

Таблица 2 показывает топ-5 фраз с максимальным положительным uplift. Приведены также 95%-доверительные интервалы, полученные бутстранированием выборки. Абсолютным лидером стала фраза «попасть в следующий пост» – т.е. призыв к пользователям участвовать в создании следующей публикации бренда. Согласно модели, наличие такого призыва повышает ожидаемое число комментариев на $+367\%$ по сравнению со средним уровнем (при $p < 0.01$). Этот результат отражает механику конкурсных активностей. Аудитория активно откликается, когда бренд обещает отметить или упомянуть лучших комментаторов в следующем посте. Высокий uplift ($+136\%$) показали фразы «подробности на официальном сайте» и схожие обращения к переходу на сайт. На первый взгляд, это нетривиальный инсайт. Считается, что вставка внешней ссылки снижает вовлечённость в соцсети, отвлекая пользователя. Однако для автомобильного бренда обнаружено обратное. Аудитория, заинтересованная подробностями (спецификациями, ценами), напротив, более активно комментирует такие посты. Вероятно, детальный контент стимулирует обсуждение. Ещё одна группа – технические характеристики продукта. Фраза «система полного привода» стабильно даёт $+65\%$ комментариев. Это подтверждает, что целевую аудиторию Nissan сильно интересуют технические особенности (в данном случае – проходимость внедорожников), и посты с упором на эти свойства вызывают дополнительный отклик. Отметим, что для всех вышеперечисленных факторов PLS-оценки без графовой регуляризации были бы менее значимыми из-за мультиколлинеарности. Метод GR-PLS же «перенёс» значимость от родственных фраз, выдав более надёжные совокупные оценки эффектов.

Таблица 1

Качество моделей предсказания комментариев по тексту поста

Модель	R^2 на тестовой выборке	RMSE на тестовой выборке
PLS (10 компонент)	0,170	5,21
GR-PLS (10 компонент, графовая регуляризация)	0,310	4,47

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

Таблица 2

Топ-5 фраз-драйверов вовлечённости по оценке GR-PLS (данные Nissan)

Фраза (лемматизировано)	Uplift, %	95% ДИ, нижняя граница	95% ДИ, верхняя граница	Частота, n
«попасть в следующий пост»	+367,1	+80,6	+1108,0	17
«подробности на офиц. сайте»	+136,0	+39,7	+298,6	24
«прямая ссылка (http...)»	+110,6	-4,9	+366,6	10
«официальный дилерский центр»	+107,5	-3,4	+345,7	11
«система полного привода»	+65,2	+15,1	+148,3	23

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

Из таблицы видно, что помимо конкурсного механика («попасть в пост») и призыва к переходу на сайт, значимый эффект дает акцент на технических преимуществах продукта. Для маркетологов автомобильной отрасли это ценное указание. Подчёркивание конкретных характеристик (например, полноприводной системы) действительно стимулирует обсуждения больше, чем общие рекламные слоганы. Интересно, что некоторые фразы с высоким сырьем эффектом при наивном анализе потеряли значимость после учета контекста. К примеру, выражение «благодарим за фото подписчика» в простой выборке ассоциировалось с резким ростом комментариев (+201% в t-тесте), но модель GR-PLS присвоила ей нулевой коэффициент. Причина выяснилась при изучении данных. Такие фразы встречались преимущественно в постах с пользовательскими фотографиями, которые сами по себе собирают много комментариев. Наивный анализ приписал весь эффект слову «благодарим», тогда как авторский метод корректно перераспределил эффект на фактор UGC-контента. Благодаря графовой регуляризации схожие благодарственные фразы тоже не были ошибочно отмечены как «магические» триггеры. Таким образом, GR-PLS успешно устраняет ложные драйверы, возникающие из-за спонтанности признаков с темой поста. Полученные результаты подтверждают, что предложенная методика позволяет выявлять интерпретируемые текстовые детерминанты вовлечённости.

В отличие от «чёрных ящиков», модель даёт маркетологам понятные рекомендации – на какие формулировки делать упор при подготовке контента, чтобы повысить отклик аудитории.

Заключение

В работе представлен новый подход GR-PLS – графо-регуляризованная регрессия на основе частичных наименьших квадратов – для анализа влияния семантических компонентов текста на вовлечённость в социальных медиа. Метод сочетает достоинства PLS, а именно устойчивость при $t \gg N$, выделение информативных латентных факторов с учётом семантических связей между фразами через графовую регуляризацию. Благодаря этому достигается более точное и интерпретируемое ранжирование текстовых триггеров вовлечённости. Схожие по смыслу фразы получают сглаженные коэффициенты, исключаются случайные всплески за счёт контекста.

На примере данных бренда Nissan показано, что GR-PLS существенно превосходит классические методы по качеству (R^2 повышается в ~1.8 раза) и выявляет нетривиальные инсайты. В частности, обнаружено, что конкурсные призывы, побуждение к изучению деталей на сайте, а также подчёркивание технических характеристик продукта являются сильными драйверами комментариев (+65–367% к среднему), тогда как вежливые благодарности или общие маркетинговые фразы сами по себе не увеличивают

активность аудитории. Эти выводы согласуются с интуицией и дают конкретные рекомендации для SMM-стратегии.

Список литературы

1. Chae M.-J. Driving Consumer Engagement through Diverse Calls to Action in Corporate Social Responsibility Messages on Social Media // Sustainability. 2021. Vol. 13. № 7. Art. 3812. DOI: 10.3390/su13073812.
2. Gkikas D.C., Tzafilkou K., Theodoridis P.K., Garpis A., Gkikas M.C. How Do Text Characteristics Impact User Engagement in Social Media Posts? Modeling Content Readability, Length, and Hashtags Number in Facebook // International Journal of Information Management Data Insights. 2022. Vol. 2. № 1. Art. 100067. DOI: 10.1016/j.jjimei.2022.100067.
3. Toraman Ç., Şahinuç F., Yılmaz E.H., Akkaya I.B. Understanding Social Engagements: A Comparative Analysis of User and Text Features in Twitter // Social Network Analysis and Mining. 2022. Vol. 12. Art. 47. DOI: 10.1007/s13278-022-00872-1.
4. Saquete E., Zubcoff J.J., Gutiérrez Y., Martínez-Barco P., Fernández J. Why Are Some Social-Media Contents More Popular than Others? Opinion and Association Rules Mining Applied to Virality Patterns Discovery // Expert Systems with Applications. 2022. Vol. 197. Art. 116676. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.116676.
5. Weissburg E., Kumar A., Dhillon P.S. Judging a Book by Its Cover: Predicting the Marginal Impact of Title on Reddit Post Popularity // Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media. 2022. Vol. 16. № 1. P. 1098–1108. DOI: 10.1609/icwsm.v16i1.19361.
6. Aldous K. K., An J., Jansen B. J. What Really Matters? Characterising and Predicting User Engagement of News Postings Using Multiple Platforms, Sentiments and Topics // Behaviour and Information Technology. 2023. Vol. 42. № 5. P. 545–568. DOI: 10.1080/0144929X.2022.2030798.
7. Volkovs M., Cheng Z., Ravaut M., Yang H., Shen K., Zhou J.P. Predicting Twitter Engagement with Deep Language Models // Proceedings of the Recommender Systems Challenge 2020 (RecSys Challenge '20). New York: ACM, 2020. P. 38–43. DOI: 10.1145/3415959.3416000.
8. Arazzi M., Cotogni M., Nocera A., Virgili L. Predicting Tweet Engagement with Graph Neural Networks // Proceedings of the 2023 International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR '23). New York: ACM, 2023. P. 172–180. DOI: 10.1145/3591106.3592294.
9. Daniiluk M., Dąbrowski J., Rychalska B., Gołuchowski K. Synerise at RecSys 2021: Twitter User Engagement Prediction with a Fast Neural Model // RecSysChallenge '21: Proceedings of the Recommender Systems Challenge 2021. New York: ACM, 2021. P. 15–21. DOI: 10.1145/3487572.3487599.
10. Gencoglu O., Gruber M. Causal Modeling of Twitter Activity during COVID-19 // Computation. 2020. Vol. 8. № 4. Art. 85. DOI: 10.3390/computation8040085.
11. Lemaire A., Yin M., Netzer O. Words That Matter: Analyzing the Causal Effect of Words. SSRN. 2025. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5205681 (дата обращения: 17.12.2025). DOI: 10.2139/ssrn.5205681.
12. Schuberth F., Zaza S., Henseler J. Partial Least Squares Is an Estimator for Structural Equation Models: A Comment on Evermann and Rönkkö (2021) // Communications of the Association for Information Systems. 2023. Vol. 52. P. 711–729. DOI: 10.17705/1CAIS.05232.
13. Yang C.-L., Huang C.-Y., Hsiao Y.-H. Using Social Media Mining and PLS-SEM to Examine the Causal Relationship between Public Environmental Concerns and Adaptation Strategies // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18. № 10. Art. 5270. DOI: 10.3390/ijerph18105270.
14. Vicente-Gonzalez L., Frutos-Bernal E., Vicente-Villardón J.L. Partial Least Squares Regression for Binary Data and Its Biplot Representation // Mathematics. 2025. Vol. 13. № 3. Art. 458. DOI: 10.3390/math13030458.
15. Родионов Д.Г., Мутутдинов Р.М., Конников Е.А. Автоматизированный алгоритм системного анализа конкурентоспособности цифрового предприятия в рамках информационной среды // Экономические науки. 2021. № 200. С. 98–108. DOI: 10.14451/1.200.98. EDN: RRFSY.
16. Liu Y., Wu J., Zhang J., Leung M.-F. Graph-Regularized Orthogonal Non-Negative Matrix Factorization with Itakura–Saito (IS) Divergence for Fault Detection // Mathematics. 2025. Vol. 13. № 15. Art. 2343. DOI: 10.3390/math13152343.
17. Барков В.В., Белостоцкая А.А., Забелин Б.Ф., Конников Е.А. Актуальные вопросы производственного менеджмента в практической деятельности промышленного предприятия. Казань: Бук, 2017. 104 с. ISBN: 978-5-906954-04-6. EDN: YNVLWX.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Работы выполнены в рамках реализации проекта «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

Financing: The work was carried out as part of the project “Development of a methodology for forming an instrumental base for analyzing and modeling the spatial socio-economic development of systems in the context of digitalization based on internal reserves” (FSEG-2023-0008).

УДК 620.162

DOI 10.17513/snt.40652

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ РОЛИКОВЫХ ОПОР ДЛЯ ОПОРНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ КОЛЕЦ

Сердюков Н.Д. ORCID ID 0000-0002-9026-9016,
Носенко В.А. ORCID ID 0000-0002-5074-1099, Чириков В.П.,
Кузнецов С.П. ORCID ID 0000-0002-6924-3380

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Волжский политехнический институт (филиал)
«Волгоградский государственный технический университет», Волжский,
Российская Федерация, e-mail: Serdyukov-nikita@mail.ru*

При строительстве переходов магистральных трубопроводов, прокладываемых через естественные и искусственные преграды, используют опорно-направляющие кольца, опоры которых выполняют в виде роликов. К опорам колец предъявляют особые требования, обеспечивающие их целостность в условиях высоких сжимающих нагрузок и сопротивление износу при протаскивании с учетом преодоления межтрубных сварных соединений. По результатам проведенных испытаний установлено, что после приложения нагрузки в десять килоньютонов деформация роликов отсутствует, на поверхности располагаются следы воздействия плиты гидравлического пресса. С увеличением нагрузки до двадцати килоньютонов и далее до пятидесяти деформация роликов непрерывно возрастает. Разрушение опоры происходит при нагрузке в семьдесят килоньютонов вследствие превышения предела прочности сварных соединений. В результате испытаний по определению износа опор установлено, что ввиду пересечения средневыборочных значений разницы между износом нижних роликовых опор нет. Конечное значение износа опор не превышает требуемое нормативной документацией, тем не менее установлен рост износа в зависимости от числа циклов протаскивания. Наиболее вероятной причиной роста износа является совокупность действия двух факторов, а именно абразивного и адгезионного износа.

Ключевые слова: роликовая опора, опорно-направляющие кольца, деформация опоры, предел прочности при сжатии

RESULTS OF PRACTICAL TESTS OF ROLLER BEARINGS FOR SUPPORT AND GUIDE RINGS

Serdyukov N.D. ORCID ID 0000-0002-9026-9016,
Nosenko V.A. ORCID ID 0000-0002-5074-1099, Chirikov V.P.,
Kunetsov S.P. ORCID ID 0000-0002-6924-3380

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volga Polytechnic Institute (branch) "Volgograd State Technical University", Volzhsky, Russian Federation,
e-mail: Serdyukov-nikita@mail.ru*

When constructing trunk pipeline crossings laid through natural and artificial barriers, support and guide rings are used, the bearings of which are rollers. Special requirements are imposed on the ring bearings to ensure their integrity under high compressive loads and wear resistance during pulling, taking into account interpipe welded joints. Tests revealed that after applying a load of ten kilonewtons, there was no deformation of the rollers; traces of the impact of a hydraulic press plate were visible on their surface. As the load increased to twenty kilonewtons and then to fifty kilonewtons, roller deformation increased steadily. Support failure occurred at a load of seventy kilonewtons due to exceeding the tensile strength of the welded joints. Tests to determine support wear revealed that, due to the intersection of sample averages, there was no difference in the wear of the lower roller bearings. The final wear value of the bearings did not exceed that required by regulatory documentation; however, an increase in wear was observed depending on the number of pulling cycles. The most likely cause of increased wear is the combination of two factors, namely abrasive and adhesive wear.

Keywords: roller bearing, spacer, deformation of the support, compressive strength,

Введение

Строительство магистральных трубопроводов связано с преодолением естественных и искусственных препятствий, таких водные преграды, многолетние мёрзлые грунты, автомобильные дороги и инженерные сооружения [1, с. 227; 2; 3]. Наиболее распространенным методом преодоления препятствий является сооружение переходов

по типу «труба в трубе», при котором рабочую трубу протаскивают через предварительно установленный защитный кожух (футляр) [4]. Для протаскивания в кожухе на рабочий трубопровод устанавливают опорно-направляющие кольца, оборудованные роликовыми опорами качения, рекомендованные к использованию на переходах длиной более 400 метров [5; 6]. Пере-

ходы магистральных газо- и нефтепроводов относятся к ответственным участкам прокладки, поскольку в случае ремонта или устранения дефектов доступ к ним может быть ограничен.

К опорам колец предъявляют особые требования, обеспечивающие их целостность в условиях высоких сжимающих статических нагрузок и сопротивление износу при преодолении межтрубных сварных соединений, высота которых может достигать 4-5 мм [7; 8]. Недопустимой является деформация опор под воздействием сжимающей нагрузки находящейся в диапазоне 34-4440 Н, приходящихся на одну опору [9]. Нагрузка учитывает массу трубопровода и массу транспортируемого материала [10]. В случае разрушения роликовой опоры под воздействием сжимающей нагрузки возможен контакт трубопровода с поверхностью кожуха, вследствие чего происходит нарушение целостности изоляции трубопровода.

Протаскивание трубопровода в защитном кожухе сопровождается износом опор качения. Превышение износа выше 15% от диаметра ролика приводит к смещению оси рабочего трубопровода по отношению к оси кожуха, вследствие чего возрастает количество участков концентрации напряжений, вызванных ростом изгибающего момента в пролётах трубопровода [10; 11].

Несмотря на обширные исследования в области совершенствования технологии прокладки магистральных трубопроводов, вопрос влияния прикладываемой нагрузки на величину деформации роликовой опоры и определения износа роликов после протаскивания трубопровода в защитном кожухе, с учетом преодоления сварных соединений, изучен недостаточно.

Цель работы: испытание опор качения для определения величины деформации роликов в зависимости от величины приклады-

ываемой нагрузки и определение износа опор качения.

Материалы и методы исследования

В качестве образцов для испытаний по определению величины деформации в зависимости от прикладываемой нагрузки использовали роликовые опоры опорно-направляющего кольца (рис. 1). Роликовая опора состоит из металлического корпуса (1), осей вращения (2) и двух роликов (3) (рис. 1б). Ролики изготовлены из стержневого полиамида марки ПА6, в тело ролика запрессованы стальные втулки, выполненные из стали 20. Размеры опор 140×65×42 мм. Диаметр роликов $50\pm0,1$ мм, ширина $32\pm0,1$ мм.

Испытания для определения деформации роликовых опор при воздействии сжимающей нагрузки проводили на испытательном стенде, построенном на базе гидравлического пресса П6326. На рабочий стол пресса устанавливали динамометр АЦД/1С 100/4И-2, в теле которого закрепляли роликовые опоры [12]. Фактическое значение нагрузки на роликовую опору увеличивали до требуемой НД – 4,4 кН, затем до 10 кН и далее через каждые 10 кН до разрушения опоры.

Испытания для определения износа опор после протаскивания и контроля смещения опорно-направляющих колец вдоль оси трубопровода проводили на стенде, имитирующем протаскивание с учетом преодоления межтрубных сварных соединений (рис. 2). Испытательный стенд представляет собой секцию трубопровода, заполненную бетоном в качестве балласта, на поверхность которой устанавливают опорно-направляющее кольцо. Опорно-направляющее кольцо изготовлено в соответствии с ТУ 1469-001-53597015-2012. Собранную секцию трубопровода помещают в секцию кожуха-футляра, с нанесенными на поверхность имитаторами сварных швов.

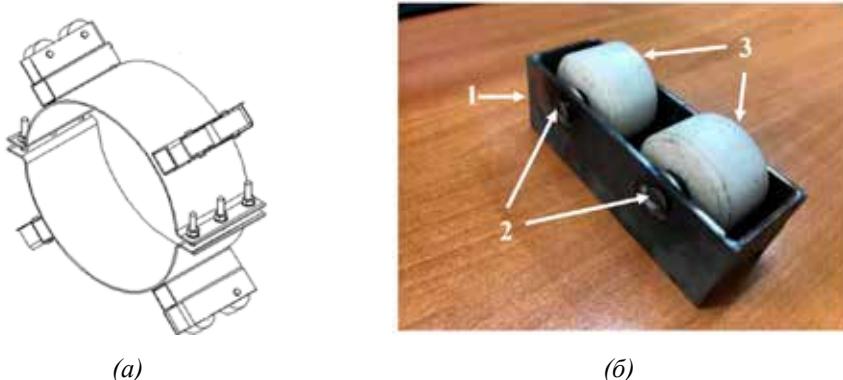


Рис. 1. Схема опорно-направляющего кольца (а), опора качения (б)
Источник: составлено авторами



Рис. 2. Испытательный стенд
Источник: составлено авторами

Количество циклов, обеспечивающих возвратно-поступательные продольные осевые перемещения трубопровода – 50. Количество пройденных имитаторов сварных швов – 200. Высота имитатора сварного шва – 3 мм, длина – 15 мм. В качестве имитатора трубопровода использовали секцию трубы диаметром 1220 мм, с толщиной стенки 10 мм, длина 1000 мм, заполненной бетонным раствором марки М200. Таким образом была достигнута максимально возможная масса трубопровода с учетом транспортируемого продукта – 2023 кг. Диаметр имитатора кожуха – 1420 мм [9].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате оценки деформации роликовых опор после приложения сжимающей нагрузки установлено, что при нагрузке в 10 кН деформация отсутствует, на периферии роликов наблюдаются следы воздей-

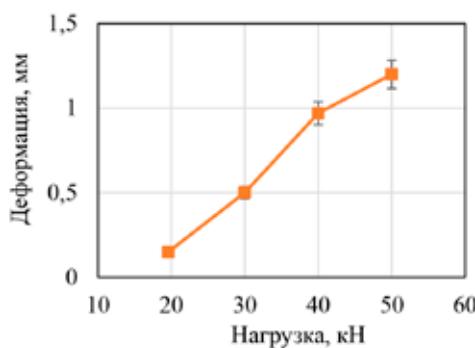
ствия пластины гидравлического пресса. С увеличением нагрузки до 20 кН происходит пластическая деформация ролика до 0,15 мм относительно его исходного состояния. С увеличением нагрузки до 30 кН деформация возрастает до 0,5 мм, затем с увеличением нагрузки до 40 и далее до 50 кН деформация составляет 0,97 и 1,2 мм соответственно (рис. 3а).

С увеличением нагрузки до 70 кН происходит разрушение роликовой опоры в результате превышения предела прочности сварных соединений, а именно мест крепления оси ролика к корпусу опоры в месте соединения двух секций корпуса. Наблюдаются прогиб осей вращения в корпусе опоры, разрушение втулок. Деформация роликов превышает 10 мм, на поверхности располагается множество микротрещин (рис. 3б).

Опорно-направляющие кольца устанавливают на трубопровод непосредственно перед протаскиванием в кожухе-футляре. Верхние сегменты опорно-направляющих колец, в зависимости от условий эксплуатации, изготавливают с опорами или без опор. В данной работе использовали кольцо без верхних опор, аналогично представленному на рисунке 4а.

В процессе протаскивания трубопровода основная эксплуатационная нагрузка приходится на опоры 2-5, находящиеся непрерывно в контакте с поверхностью кожуха (рис. 4б). Опоры 1-6 выступают в роли поддерживающих, ограничивая радиальное перемещение трубопровода внутри кожуха.

В результате проведенных испытаний по определению износа опор после 50 циклов возвратно-поступательных продольных осевых перемещений имитатора трубопровода установлено, что износ опор 2-5 значительно не отличается друг от друга ввиду пересечения доверительных интервалов средневыборочных значений (рис. 5).



(а)



(б)

Рис. 3. Деформация роликовой опоры (а), разрушение роликовой опоры (б)
Источник: составлено авторами

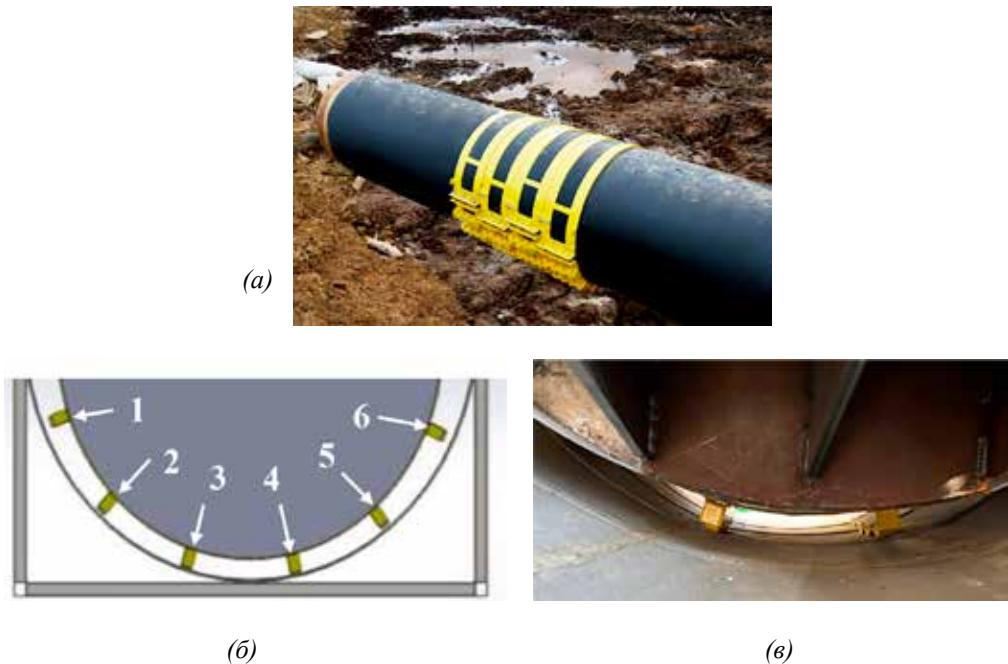


Рис. 4. Установка опорно-направляющих колец (а) и расположение роликовых опор (б, в)
Источник: составлено авторами

Доверительные интервалы были рассчитаны на основе t -распределения Стьюдента для выборки объемом $n=15$ измерений на каждой опоре, уровень значимости $\alpha=0,95$.

С увеличением числа циклов перемещения трубопровода происходит постепенный рост износа роликовых опор, достигая 1,8-2,0 мм, что составляет 4% от первоначального диаметра ролика, находясь в допустимом пределе, установленном в [9] (пороговое значение 15%).

В диапазоне 0-10 циклов перемещения износ практически отсутствует, достигая 0,1 мм. На периферии роликов наблюдаются следы контакта с поверхностью кожуха, что может свидетельствовать о начальной стадии изнашивания опор. С увеличением количества циклов с 10 до 20 износ опор возрастает скачкообразно – до $1,2 \pm 0,1$ мм, что связано с этапом приработки роликов. Шероховатость поверхности роликов формируется в результате токарной обработки полиамида по внешней поверхности, значение среднеарифметического отклонения профиля находится в пределах 1,6-3,2 мкм. Микронеровности роликов, сформированные механической обработкой, в процессе приработки интенсивно истираются о поверхность кожуха, что приводит к резкому увеличению износа опор.

С увеличением количества циклов до 30 и 40 износ возрастает до величин 10% и 17% соответственно. С увеличением ко-

личества циклов до 50 величина износа роликовых опор составила 20%. Износа опор 1, 6 не установлено. Смещения опорно-направляющих колец относительно исходного положения вдоль оси трубопровода не установлено.

Одной из наиболее вероятных причин возрастания износа по мере увеличения количества циклов является совокупное действие абразивного и адгезионного механизма изнашивания [13; 14].

Абразивный износ возникает в результате воздействия твердых загрязняющих частиц, присутствующих в зоне контакта полиамида и металлического кожуха. Наличие загрязняющих частиц приводит к образованию микроцарапин, борозд, канавок в направлении движения качения, что вызывает потерю материала ролика.

В условиях реальной прокладки трубопроводов возможно загрязнение поверхности кожуха частицами песка, грунта и др., что приводит к увеличению износа опор. Для определения возможных условий загрязнения необходимо провести дополнительные испытания, учитывающие различную степень абразивного загрязнения.

Адгезионный износ возникает при взаимодействии относительно мягкого полиамида с поверхностью стального кожуха. В зоне контакта происходит рост контактных температур, что приводит схватыванию полиамида с поверхностью стального кожуха и увеличению работы силы трения [15].

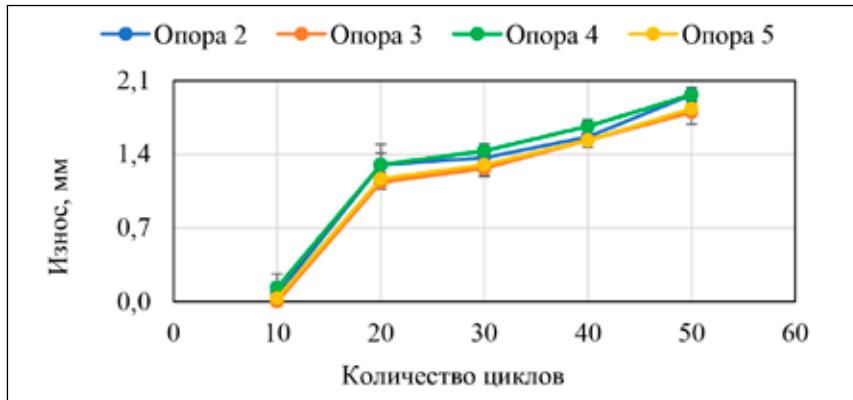


Рис. 5. Испытания опорно-направляющего кольца
Источник: составлено авторами

Интенсификация адгезионных процессов в зоне контакта может сопровождаться переносом материала роликов на поверхность кожуха в виде налипов, что вызывает рост коэффициента трения и, как следствие, усиление изнашивания опор.

Заключение

По результатам проведенных исследований установлено, что при приложении нагрузки в 10 кН на роликовую опору деформация отсутствует. Наибольшее значение деформации роликов достигнуто при приложении нагрузки в 50 кН, значение составило 0,15 мм. Разрушение роликовой опоры наступает при приложении нагрузки в 70 кН.

Установлено, что износ роликовых опор в рамках проведенных испытаний носит комплексный характер, объединяя абразивный и адгезионный механизм изнашивания. Влияние абразивного загрязнения поверхности кожуха требует отдельного изучения в рамках дальнейших исследований.

Наибольший рост износа опор соответствует 20 циклам возвратно-поступательного перемещения имитатора трубопровода по поверхности кожуха. С увеличением количества циклов с 10 до 20 износ возрастает от 0 до 1,2 мм, максимальное значение износа соответствует 50 циклам – 2,0 мм, находясь в пределах допустимых значений.

Список литературы

- Бородавкин П.П., Березин В.Л. Сооружение магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1977. 407 с.
- Сердюков Н.Д. Исследование и разработка уплотнителя межтрубья магистрального трубопровода и защитного кожуха-футляра при строительстве переходов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2020. № 3-4 (254-255). С. 38-43. EDN: JEGFLL.
- Колосова Н.М., Михеева О.В., Шмагина Э.Ю. К анализу напряженного состояния изгиба трубопровода по высоте // Технические науки: современные проблемы и перспективы. 2019. № 1 (10). С. 10-15. EDN: VUYOCN.
- Ilina C. Enhancing the integrity of a buried gas pipelines: Investigating ruptures, explosions, and strengthening solutions // Engineering Failure Analysis. 2024. Vol. 155. P. 1-16. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2023.107738.
- Сердюков Н.Д., Сердюков Е.Д. Опора качения для опорного кольца. Патент № 2832726. Патентообладатель ООО «Переход». 2024. EDN: NGZLWD.
- Леденев С.А., Марадымов И.А., Аналisis эффективности опорно-направляющих колец с различными типами опор для протяжки трубопроводов // Научный альманах. 2024. № 10-3 (120). С. 68-71. EDN: PBNFJB.
- СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*. Введ. 01.07.2013. М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2012. 93 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103173?ysclid=mb94jgf9oa755638174> (дата обращения: 15.10.2025).
- Горшкова О.О. Сварка магистральных нефте- и газопроводов // Современные научно-технические технологии. 2020. № 2. С. 7-11. EDN: UQHSAF. DOI: 10.17513/snt.37906.
- Р Газпром 2-4.4.-828-2014. Опорно-центрирующие изделия. Технические требования. СПб.: ООО «Газпром экспо», 2016. 32 с.
- Кожаева К.В., Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Файзулин С.М. Методика определения критического продольного скользящего усилия для подводных переходов трубопроводов // Нефтегазовое дело. 2015. № 3. С. 346-359. EDN: UACKZR.
- Qui G., Sun M. Interaction Mechanism of Inter-Pipes in Double-Layer Pipelines and a Mechanical Model with Differential Thermal Deformation // Processes. 2025. Vol. 13. P. 762-794. DOI: 10.3390/pr13030762.
- Селезнев Е.И., Жмыхов М.Э., Бабаскина А.А. Электрический динамометр: устройство, классификация, принципы работы // Новое слово в науке: перспективы развития. 2016. № 4-1 (10). С. 245-248. EDN: VHMNYA.
- Neis P. D., Ferreria N. F., Poletto J. C., etc. Tribological behavior of polyamide-6 plastics and their potential use in industrial applications // Wear. 2017. Vol. 376-377. P. 1391-1398. DOI: 10.1016/j.wear.2017.01.090.
- Unal H., Yetgin S. H., Kastan A., etc. Improving the specific wear rate and coefficient of friction of polyamide 6 polymer and its composite by adding wax under self-operation conditions // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 2023. Vol. 54. P. 1249-1260. DOI: 10.1002/mawe.202200057.
- Pogacnik A., Kupec A., Kalin M. Tribological properties of polyamide (PA6) in self-mated contacts and against steel as a stationary and moving body // Wear. 2017. Vol. 378-379. P. 17-26. DOI: 10.1016/j.wear.2017.01.118.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СТАТЬИ

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40653

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ИНЖЕНЕРНОГО ВУЗА В ОТРАСЛЕВОМ КЛАСТЕРЕ

Горшкова О.О. ORCID ID 0000-0002-5725-1674

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», Сургутский филиал, Сургут, Российская Федерация,
e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru*

Современное производство ориентировано на работников, обладающих широким комплексом компетенций, позволяющих гибко корректировать функционал профессионала в соответствии с запросами общества и происходящими технологическими инновациями. Выпускники инженерных вузов должны быть готовы к участию в научных инженерных проектах, проявляя исследовательское поведение на основе сформированных исследовательских компетенций. Цель исследования – формирование исследовательских компетенций выпускников инженерных вузов, обеспечивающих их готовность к решению реальных производственных задач в условиях трансфера технологий, как инструмента развития стратегических отраслей. Методы исследования: теоретические, эмпирические, экспериментальные. Рассмотрена этимология понятия «исследовательские компетенции», на основе анализа принято определение, взятое за основу. Представлена модель «вуз – наука – производство», которая предусматривает совершенствование архитектуры образовательного пространства, позволяющего субъекту образовательного процесса проектировать траекторию личностного развития. Определено содержание обновленной дидактики инженерного вуза, основанной на специфике практико-ориентированного обучения, реализуемого в партнерстве инженерного вуза с предприятиями в отраслевом кластере. Использован индивидуальный подход к уровню формирования исследовательских компетенций. Представлена разработанная система, ориентированная на формирование исследовательских компетенций обучающихся, включающая различные виды работ: расчетно-теоретическое исследование, экспериментальное исследование, проектно-конструкторское исследование, аналитический обзор, кейс-стади.

Ключевые слова: инженерный вуз, исследовательские компетенции, индустриальный партнер, исследовательская деятельность, проектная деятельность, проектное обучение, практико-ориентированное обучение

FORMATION OF RESEARCH COMPETENCIES OF AN ENGINEERING GRADUATE IN AN INDUSTRY CLUSTER

Горшкова О.О. ORCID ID 0000-0002-5725-1674

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Tyumen Industrial University”, Surgut branch, Surgut, Russian Federation,
e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru*

Modern production is focused on employees with a wide range of competencies that allow flexible adjustment of professional functions in accordance with the demands of society and ongoing technological innovations. Graduates of engineering universities should be ready to participate in scientific engineering projects, show research behavior, based on the formed research competencies. The purpose of the study is to form the research competencies of graduates of engineering universities, ensuring their readiness to solve real production problems in the context of technology transfer as a tool for the development of strategic industries. Research methods: theoretical, empirical, experimental. The etymology of the concept of research competencies is considered, and based on the analysis, a definition has been adopted as a basis. The model “university-science-production” is presented, which provides for the improvement of the architecture of the educational space, allowing the subject of the educational process to design the trajectory of personal development. The content of the updated didactics of the engineering university is determined, based on the specifics of practice-oriented training implemented in partnership of the engineering university with enterprises in the industry cluster. An individual approach to the level of formation of research competencies was used. The developed system is presented, focused on the formation of students' research competencies, including various types of work: computational and theoretical research, experimental research, design research, analytical review, case study.

Keywords: engineering university, research competencies, industrial partner, research activities, project activities, project-based learning, practice-oriented learning

Введение

Геополитическая ситуация в стране и в мире определяет новые тенденции в развитии инженерного образования. Инженерная подготовка должна обеспечивать конкурентоспособного выпускника, ориентированного на быструю адаптацию

к производственным ситуациям, к решению нестандартных проблем, принятию продуманных решений в нестандартных ситуациях. Это не просто обучение текущим технологиям, а формирование инженеров, способных создавать технологии будущего.

Процесс достижения технологического лидерства обеспечит конкурентоспособность страны, выход на лидирующие позиции в мировом экономическом пространстве, при условии технологической, экономической независимости. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, ориентированная на достижение целей технологического суверенитета, быстрая смена и трансформация технологий, процессы импортозамещения, переход на стандарты Индустрии 4.0/5.0 вносят коррективы в деятельность работников инженерного профиля, тем самым изменяя требования к уровню подготовки выпускника инженерного вуза. Современное производство ориентировано на работников, обладающих широким комплексом компетенций, позволяющих гибко корректировать функционал профессионала в соответствии с запросами общества и технологическими инновациями.

Выпускники инженерных вузов, обладающие комплексом компетенций, должны быть готовы к участию в научных инженерных проектах, эффективно распределяя свои ресурсы, ориентированы на быстрое реагирование на нестандартные производственные ситуации [1], проявляя исследовательское поведение, что позволит реализовать цели научно-технологического развития России, как флагмана трансфера технологий.

Цель исследования – формирование исследовательских компетенций выпускников инженерных вузов, обеспечивающих их готовность к решению реальных производственных задач в условиях трансфера технологий, как инструмента развития стратегических отраслей ТЭК для достижения целей технологического лидерства.

Материалы и методы исследования

Первоначально применены теоретические методы, предусматривающие изучение, анализ, синтез научной литературы, трудов, с целью определения основополагающих компонентов модели. Педагогическое моделирование, анализ продуктов деятельности процесса инженерной подготовки использованы в качестве эмпирических методов. Педагогический эксперимент, предусматривающий реализацию модели, рассматривался, как экспериментальный метод исследования.

Существующая система инженерного образования недостаточно обеспечивает условия для формирования у выпускников исследовательских компетенций, способствующих быстрой адаптации к профессиональной деятельности в процессе решения реальных производственных задач, что обусловлено существующим разрывом между

академическими программами и быстро меняющимися технологическими и кадровыми потребностями предприятий, отрывом процесса обучения от реального производства, недостаточным привлечением работодателей в процесс инженерной подготовки, стареющей материально-технической базой инженерных вузов и др. [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Автором решено рассмотреть этимологию понятия «исследовательские компетенции», которое трактуется в научной литературе неоднозначно, эволюционируя от узкоспециальных навыков к комплексным метапредметным способностям. В таблице представлены трактовки понятия «исследовательские компетенции» (ИК) различных научных школ.

Анализ научных трудов показывает, что понятие «исследовательские компетенции» претерпевает эволюцию, от узкого понимания их как навыков научного труда (работа с литературой, проведение эксперимента) к широкому – как универсальной метапредметной компетенции, необходимой в любой профессиональной и повседневной деятельности. Исследовательские компетенции включают совокупность когнитивного, деятельностного, личностного компонентов. Автором принимается, что исследовательские компетенции – это интегративная способность личности к самостоятельному, критическому и творческому поиску, анализу, синтезу и оценке информации для получения нового знания или решения практической задачи в условиях неопределенности.

Для формирования исследовательских компетенций обучающихся предусмотрено создание комплексной интеграционной модели «вуз – наука – производство», предусматривающей тесное взаимодействие инженерного вуза с предприятиями в отраслевом кластере. Модель ориентирована на формирование развитых инженерных, исследовательских и гибких компетенций взамен узкопрофессиональных знаний, а также развитие у обучающихся системного мышления, способности к быстрому обучению, адаптивности.

Предлагаемая модель рассматривается как переход от традиционной модели обучения к практико-ориентированной гибкой системе, где обучающийся с первого курса погружается в контекст реальной инженерной деятельности – от профориентации и командообразования до выполнения комплексных сквозных проектов, ориентированных на решение реальных производственных проблем.

Анализ трактовок понятия «исследовательские компетенции»

Научная школа	Трактовка ИК	Компоненты ИК
А.Н. Поддъяков	Способность самостоятельно осваивать новые знания и умения, выходящие за рамки полученной информации [3]	постановка проблемы / цели → поисковая активность → моделирование процесса
А.В. Леонтович	Система универсальных учебных действий [4]	постановка цели → планирование → анализ → рефлексия → презентация
В.И. Андреев	Интегративное качество личности, проявляющееся в готовности и способности к самостоятельной исследовательской деятельности [5]	– мотивационный, – креативный, – организационный, – технологический
А.В. Хуторской	Способность ставить и решать познавательные задачи, организовывать целеполагание, планирование, анализ, рефлексию [6]	постановка цели → планирование → анализ → рефлексия
И.А. Зимняя	Часть общекультурных компетенций с акцентом на самостоятельность и ответственность исследователя [7]	Этапность (гипотеза → методы → анализ → выводы)
А.А. Вербицкий	ИК формируются через моделирование исследовательской деятельности в учебном процессе. Важна профессионально-смысловая позиция студента/ученого [8]	мотивация → постановка цели → моделирование
М.В. Арсентьева, М.С. Воротилин	Интегральное качество личности, позволяющее самостоятельно выполнять решение исследовательских задач в деятельности [9]	мотивация → целеполагание → планирование → деятельность → рефлексия
Н.З. Смирнова, О.В. Бережная	Совокупность знаний, представлений, действий, ценностей и отношений, которые проявляются в практическом применении исследовательской деятельности [10]	мотивация → постановка цели → практическая деятельность
Ж.С. Афанасьева	Интегральное качество личности, способность самостоятельно решать исследовательские задачи, владеть исследовательскими умениями, применять их в профессиональной деятельности [11]	целеполагание → анализ → синтез → деятельность

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

Взаимодействие со стратегическими предприятиями в отраслевом кластере – взаимовыгодный процесс:

- для инженерного вуза: возможность стать ведущим поставщиком конкурентоспособных кадров для стратегических отраслей региона; создание инжинирингового центра, точки роста и реализации совместных с предприятиями-партнерами проектов; расширение возможностей по использованию площадок предприятий в качестве лабораторной базы; реализация программ стажировок и повышения квалификации ППС в структурных подразделениях промышленных партнеров; устранение дисбаланса между теоретической и практической частью процесса обучения; создание среды для увеличения возможностей самореализации личности;
- для обучающихся: системность получения знаний, раннее погружение в профессию, формирование компетенций на основе междисциплинарного синтеза харт-софт и диджитал-компетенций, характер-

ных для конкурентоспособного выпускника. Системный подход к формированию инженера-исследователя, начиная с этапа адаптации и профессионального самоопределения и заканчивая гарантированным трудоустройством и сопровождением на начальных карьерных этапах;

– для предприятий: укрепление кадрового и научного потенциала предприятий реального сектора экономики в регионе, сокращение затрат времени на адаптацию молодого специалиста к трудовой деятельности;

– для региона: решение задачи кадрового суверенитета за счет создания системы подготовки конкурентоспособных кадров для стратегических отраслей в соответствии с требованиями прогрессивного технологического уклада (инженеры-разработчики, инженеры-предприниматели, инженеры-исследователи).

Реализация модели «вуз – наука – производство» осуществляется в несколько этапов. Подготовительный этап предусматривает ряд последовательных мероприятий:

- профориентационная работа с будущими выпускниками школ, формирование заинтересованности в получении инженерной профессии [12] (примеры мероприятий: форум «Инженер будущего», комплексная психодиагностика, цикл ознакомительных экскурсий на предприятия ТЭК и др.);
- для студентов инженерного вуза: развитие мотивации к формированию исследовательских компетенций (командообразующий практикум «Синергия», цикл экскурсий на предприятия ТЭК, карьерно-отраслевые форумы, воркшоп по созданию «Карты пути современного инженера»);
- для вуза: организация практико-ориентированной образовательной среды, предусматривающей вариативное взаимодействие с предприятиями реального сектора экономики в отраслевом кластере с целью формирования исследовательских компетенций выпускника, характеризующегося индивидуальным и продуктивным стилем инженерной деятельности, обладающего сформированными функциональными навыками практической инженерной деятельности, исследовательской деятельности, как универсальными способами контакта с окружающим миром.

Основной этап реализации модели «вуз – наука – производство» предусматривает совершенствование открытой архитектуры образовательного пространства, позволяющего субъекту образовательного процесса проектировать траекторию личностного развития. Корректировка компетентностной модели выпускника, унифицированной для уровней образования и дифференцированной по уровням сформированности компетенций, позволяет определить содержание обновленной дидактики инженерного вуза, основанной на специфике практико-ориентированного обучения, реализуемого в партнерстве инженерного вуза с предприятиями в отраслевом кластере. Смена парадигмы от «догоняющего» к «опережающему» инженерному образованию на основе ухода от узкой специализации к формированию широкого системного и критического мышления ориентирована на формирование креативности, способности к нестандартным решениям, умения принимать решения при недостатке данных, гибко адаптироваться.

Трансформация содержательного наполнения образовательных программ предусматривает ряд факторов:

- формирование ядра инженерной подготовки на основе фундаментальной базы: математика, физика, механика, химия (в зависимости от направления). Без этого не-

возможно создавать прорывные, а не инкрементальные решения и технологии;

– насыщение инженерных дисциплин с цифровыми инструментами предусматривает работу с данными (Data Science) и искусственным интеллектом на уровне создателя моделей для решения инженерных задач (цифровые двойники, предиктивная аналитика); программирование [13];

– кросс-дисциплинарность, междисциплинарная интеграция позволяют создавать прорывные решения на основе сформированных исследовательских компетенций;

– знание основ технологического предпринимательства для понимания жизненного цикла продукта;

– гибкость образовательных траекторий дает возможность формировать индивидуальные учебные планы, междисциплинарные программы (с учетом ДПО).

Ориентация на практическую составляющую образовательного процесса предусматривает выполнение проектов, заданий, курсовых работ (индивидуальных и командных), стартапов [14]. Реализуемые совместно с представителями предприятий практико-ориентированные методики (проектно-ориентированное, проблемное обучение, метод кейсов) лабораторные и практические работы (переход от подтверждающих лабораторных к «исследовательским»; адаптированные интерактивные технологии и методы (дискуссионные, проблемные, игровые, деятельностные и др.), применяемые в процессе обучения, позволяют создать атмосферу продуктивной деятельности, способствуют формированию исследовательских компетенций.

Взаимодействие с индустриальными партнерами позволило разработать систему, включающую как учебные, так и реальные задания и проекты, ориентированные на решение проблем производства, систему, которая ориентирована на формирование исследовательских компетенций обучающихся и включает различные виды работ: расчетно-теоретическое исследование (аналитическое или численное моделирование, анализ чувствительности параметров, оптимизация процессов и др.); экспериментальное исследование (планирование эксперимента, сбор и статистическая обработка данных, работа на стендах либо в полевых условиях и др.); проектно-конструкторское исследование (создание прототипа/макета, испытания, итеративное улучшение и др.), аналитический обзор (систематизация и критический анализ научно-технической информации по проблеме с выводами о перспективных направлениях; кейс-стади [15].



Применение сквозных заданий

Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

Система предусматривает темы курсовых, выпускных квалификационных работ, которые согласуются с представителями предприятий либо предлагаются предприятиями, что обеспечивает их дальнейшее продвижение и внедрение. Применение сквозных заданий, в контексте разработанной системы, наиболее эффективно способствует формированию исследовательских компетенций обучающихся, пример их использования представлен на рисунке.

Дидактика выполнения практико-ориентированных заданий предусматривает погружение обучающихся в проектную исследовательскую деятельность, то есть «погружение в индустрию» с первого курса обучения, охват обучающихся является стопроцентным. При этом организация проектной работы кардинально изменяется, внедряется обучение через решение комплексных инженерных кейсов, участие в международном инженерном чемпионате «CASE-IN» на платформе АНО «Россия – страна возможностей»; в конкурсах типа «Студенческое конструкторское бюро», конкурсе проектов в интересах развития региональных партнеров-представителей стратегических отраслей (ПАО «СИБУР», ПАО «СНГ» и др.); всероссийском инженерном конкурсе ВКР; конкурсе проектов «Особенности технологических процессов нефтегазового производства»; международном конкурсе исследовательских работ молодых ученых «Время перемен» и др.).

Для успешной организации проектной деятельности организуется студенческое сообщество, в котором для различных проектов формируются команды (межкурс-

овые/однокурсовые). Выполнение исследовательских заданий/проектов осуществляется под руководством наставников из числа студентов, ППС, представителей предприятий (примеры заданий: «Технологическое лидерство – приоритетное направление развития компании СИБУР»; «Технология экономичного и рентабельного нефтеизвлечения» и др.).

Внедрение в учебный план дисциплин по технической коммуникации, презентации проектов, работе в междисциплинарных командах способствует развитию коммуникации, навыков командной работы. Результаты представляются на конкурсах и конференциях различного уровня (региональных, всероссийских, международных), публикуются тезисы, статьи, патенты. Цифровая платформа для мониторинга образовательного процесса и электронных портфолио позволяет фиксировать результаты исследовательской деятельности каждого обучающегося.

Реализация модели предусматривает индивидуальный подход к уровню формирования исследовательских компетенций. Обязательный – базовый уровень, в соответствии с требованиями ФГОС ВО. Высокий уровень характерен для обучающихся, наиболее ориентированных на исследовательскую деятельность. Данные обучающиеся выступают в роли капитанов/наставников при выполнении заданий различного уровня, обеспечивая эффективную коммуникацию и работу в междисциплинарных разноуровневых командах.

Формирование исследовательских компетенций обучающихся осуществляется

посредством расширения возможностей цифровых технологий. Активное использование виртуальных симуляторов, цифровых двойников позволяет обучающимся моделировать устройства, процессы, тестируя сложные системы. Дистанционное наблюдение за удаленными или закрытыми процессами, технологическими цепочками, оборудованием способствует погружению в производственную среду, формируя мотивацию к исследованию, развитию интереса к инженерной деятельности.

Заключение

Таким образом, подготовка конкурентоспособного выпускника, обладающего исследовательскими компетенциями, способного к выполнению производственных задач, ориентирована на достижение стратной вершин технологического лидерства, что обеспечит технологический и экономический суверенитет Российской Федерации. Внедрение модели «вуз – наука – производство» позволит инженерному вузу стать центром генерации знаний и технологий. У обучающихся, вовлеченных в исследовательский и инженерный процессы, формируется набор компетенций, позволяющий им быть конкурентоспособными на рынке труда, являясь основой технологического суверенитета и лидерства.

Список литературы

1. Атлас новых профессий 3.0 / Под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. М.: Интеллектуальная литература, 2020. 456 с. ISBN 978-5-907274-10-5.
2. 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. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33928> (дата обращения: 08.12.2025).
3. Поддьяков А.Н. Исследовательское поведение: стратегии познания, помощь, противодействие, конфликт. М.: Национальное образование, 2015. 304 с. ISBN 978-5-4454-0710-2.
4. Леонтиевич А.В. Метод становления субъектности учащихся при решении учебной исследовательской задачи // Исследователь. 2023. № 1. С. 35–43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-stanovleniya-subektnosti-uchaschihsya-pri-reshenii-uchebnoi-issledovatel'skoy-zadachi> (дата обращения: 08.12.2025).
5. Андреев В.И. Педагогика высшей школы. Инновационно-прогностический курс: учеб. пособие. Казань: Центр инновационных технологий, 2013. 500 с. ISBN 5-93962-093-7.
6. Хуторской А.В. Дидактика: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2017. 720 с. ISBN 978-5-496-02491-4.
7. Зимняя И.А. Компетенция и компетентность в контексте компетентностного подхода в образовании // Ученые записки Национального общества прикладной лингвистики. 2013. № 4 (4). С. 16–31. URL: <https://psychlib.ru/mgppu/periodica/IYaSh062012/ZKk-002.htm#p2> (дата обращения: 08.12.2025).
8. Вербицкий А.А. Цифровое обучение: проблемы, риски и перспективы // Homo Cyberus. 2019. № 1 (6). URL: http://journal.homocyberus.ru/Verbitskiy_AA_1_2019 (дата обращения: 08.12.2025).
9. Арсентьева М.В., Воротилин М.С. Формирование исследовательской компетенции студентов вуза // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 11. С. 473–477. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovaniye-nauchno-issledovatel'skoy-kompetentsii-buduschih-spetsialistov> (дата обращения: 08.12.2025).
10. Смирнова Н.З., Бережная О.В. Формирование исследовательской компетенции обучающихся в условиях обновленной образовательной практики: учебное пособие. Красноярск, 2021. 180 с. ISBN 978-5-00102-509-2.
11. Афанасьева Ж.С. Формирование исследовательской компетентности обучающихся в образовательном процессе вуза в условиях цифровой среды: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Хабаровск, 2024. 24 с. URL: <https://tugudv.ru/media/diss/afanasiyeva-referat.pdf> (дата обращения: 08.12.2025).
12. Соловьева Н.М. Формирование исследовательской компетентности обучающихся в системе взаимодействия школа – вуз // Педагогический журнал. 2019. Т. 9, № 2А. С. 597–603. URL: <http://publishing-vak.ru/file/archive-pedago-gy-2019-2/69-soloveva.pdf> (дата обращения: 08.12.2025).
13. Афанасьева И.Г., Яковлева К.И. Цифровой инструментарий в образовательном процессе для развития универсальных компетенций студентов // Научно-педагогическое обозрение. 2022. Вып. 6 (46). С. 49–61. DOI: 10.23951/2307-6127-2022-6-49-61.
14. Стельмах Я.Г., Кочетова Т.Н. Развитие исследовательской компетентности студентов технического вуза // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2021. № 1. С. 82–85. URL: http://www.vestnik.vsu.ru/content/educ/2021/01/toc_ru.asp (дата обращения: 08.12.2025).
15. Горшкова О.О. Реализация образовательных программ инженерного вуза в практико-модульном формате с участием работодателей // Образование и саморазвитие. 2022. № 1. Т. 17. С. 120–135. URL: <https://eandsdjournal.kpfu.ru/ru/wp-content/uploads/sites/3/2022/04/171-10.pdf> (дата обращения: 08.10.2025).

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.08
DOI 10.17513/snt.40654

ФОРМИРОВАНИЕ МОТИВАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПЕДАГОГОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

Груздева М.Л. ORCID ID 0000-0002-3013-3627,
Черней О.Т. ORCID ID 0000-0003-4561-9811, Щеглова А.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина»,
Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: gru1234@yandex.ru*

Системы стимулирования педагогов дополнительного образования, существующие в настоящее время, в большинстве своем не учитывают специфику работы в системе дополнительного образования как гибкой, вариативной личностно-ориентированной сфере. В статье рассматривается проблема формирования эффективной мотивационной среды для педагогов дополнительного образования детей. Цель исследования – анализ специфики мотивационной среды дополнительного образования детей и пути формирования среды, способствующей повышению мотивации педагогов дополнительного образования к успешной и плодотворной работе. Материал и методы исследования: теоретический анализ научной и научно-методической литературы по проблеме формирования мотивационной среды в системе дополнительного образования детей. Проведен сравнительный анализ факторов, влияющих на работу педагога дополнительного образования детей. Выявлен ряд актуальных вызовов, стоящих перед системой дополнительного образования детей: кадровый дефицит, профессиональное выгорание, несоответствие традиционных систем стимулирования специфике педагогического труда. Контент-анализ научной литературы выявил, что традиционные методы стимулирования, которые преимущественно являются материальными, не учитывают творческую природу труда педагога дополнительного образования детей, потребность в профессиональном росте, ценность нематериального признания. Авторами статьи обоснована необходимость комплексного подхода, сочетающего материальные и нематериальные стимулы, поддерживающего профессиональное развитие и учитывающего творческую природу деятельности педагога в системе дополнительного образования детей. Исследование показало, что мотивационная среда представляет собой многокомпонентную систему, включающую организационный, психологический и социальный компоненты. Авторами предложена система мотивационной среды, основанная на синтезе различных подходов к мотивации, а также выделены критерии оценки мотивационной системы педагогов дополнительного образования детей.

Ключевые слова: дополнительное образование детей, мотивационная среда, профессиональная мотивация

FORMATION OF A MOTIVATIONAL ENVIRONMENT FOR TEACHERS OF ADDITIONAL EDUCATION FOR CHILDREN

Груздева М.Л. ORCID ID 0000-0002-3013-3627,
Черней О.Т. ORCID ID 0000-0003-4561-9811, Щеглова А.А.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin”,
Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: gru1234@yandex.ru*

Current incentive systems for supplementary education teachers generally fail to take into account the specifics of working in supplementary education as a flexible, variable, and student-centered field. This article examines the problem of creating an effective motivational environment for supplementary education teachers. The purpose of the study is to analyze the specifics of the motivational environment for supplementary education and ways to create an environment that enhances supplementary education teachers' motivation for successful and productive work. Research materials and methods: A theoretical analysis of scientific and methodological literature on the development of a motivational environment in supplementary education. A comparative analysis of factors influencing the work of supplementary education teachers is conducted. A number of pressing challenges facing the supplementary education system are identified: staff shortages, professional burnout, and the inadequacy of traditional incentive systems for the specific nature of teaching. Content analysis of scientific literature revealed that traditional incentive methods, which are predominantly financial, fail to recognize the creative nature of supplementary education teachers' work, the need for professional growth, and the value of non-financial recognition. The authors of the article substantiate the need for a comprehensive approach that combines tangible and intangible incentives, supports professional development, and takes into account the creative nature of teachers' work in supplementary education. The study demonstrated that the motivational environment is a multi-component system, including organizational, psychological, and social components. The authors propose a motivational environment system based on a synthesis of various approaches to motivation and identify criteria for assessing the motivational system of supplementary education teachers.

Keywords: additional education for children, motivational environment, professional motivation

Введение

В условиях современных требований к качеству дополнительного образования детей (ДОД) ключевым фактором эффективности работы организаций становится мотивация педагогических кадров. Однако существующие системы стимулирования педагогов ДОД часто не учитывают их профессиональные потребности и специфику работы в творческой среде. В современной российской системе образования ДОД занимает особое место как гибкая, вариативная и личностно ориентированная сфера. Однако ее эффективность напрямую зависит от качества педагогических кадров и их профессиональной мотивации. В статье рассматривается проблема формирования эффективной мотивационной среды для педагогов ДОД.

Цель исследования – анализ специфики мотивационной среды дополнительного образования детей и пути формирования среды, способствующей повышению мотивации педагогов дополнительного образования к успешной и плодотворной работе.

Материалы и методы исследования

Проведен теоретический анализ научной и научно-методической литературы по проблеме формирования мотивационной среды в системе дополнительного образования детей и сравнительный анализ факторов, влияющих на работу педагога дополнительного образования детей.

Результаты исследования и их обсуждение

Современная система ДОД в Российской Федерации представляет собой уникальный социальный институт, призванный обеспечить личностное развитие, профессиональное самоопределение и творческую самореализацию подрастающего поколения. В условиях постоянных изменений и реализации различных национальных проектов требования к качеству услуг ДОД с каждым годом становятся все выше. Организуется и проводится множество различных мероприятий и событий, созданных специально для педагогов и их учеников. Более того, в режиме постоянного изменения появляется все больше методик, направленных на улучшение образовательного процесса и повышение его качества [1–3]. Однако эффективность образовательных программ и достижение стратегических целей напрямую зависят именно от педагогических кадров, чья профессиональная мотивация является ключевым фактором успеха.

К сожалению, в последние годы наблюдается ряд тревожных тенденций, которые заметно усложняют работу в сфере ДОД. Во-первых, одна из самых частых проблем, с которой сталкиваются организации дополнительного образования, это кадровый дефицит. На сегодняшний день большое количество организаций испытывают острую нехватку квалифицированных специалистов, в особенности страдают техническая и естественно-научная сферы. Во-вторых, присутствует высокий уровень текучести кадров: ненормированный график, эмоциональная перегрузка, сложности, вызванные природой профессии, значительно повышают шанс профессионального выгорания, в связи с чем начинается текучесть кадров [4, 5]. В-третьих, ключевая проблема – несоответствие существующих систем мотивации специфике труда педагога ДОД. Обеспечение высокого уровня производительности и качества педагогического труда, удовлетворенности персонала учреждения дополнительного образования выполняемой работой во многом зависит от мотивации профессиональной деятельности. Профессиональная мотивация педагога является существенной предпосылкой развития учебной мотивации обучающихся, что подтверждается результатами современных исследований [6, 7].

Традиционные модели стимулирования, которые преимущественно являются материальными, не учитывают творческую природу труда педагога ДОД, потребность в профессиональном росте, ценность нематериального признания [8, 9]. С каждым днем повышается количество образовательных вызовов, которые значительно снижают мотивацию и интерес к работе у педагогов. Среди этих вызовов особое место занимают: внедрение персонифицированного финансирования, требования к цифровым компетенциям, необходимость разработки индивидуальных образовательных маршрутов. При этом трудно отрицать, что именно мотивационная среда является основополагающим фактором для сохранения опытных кадров, привлечения молодых специалистов и повышения качества образовательных программ. В связи с этим следует обратить внимание на появившуюся проблему и начать формирование среды, способствующей повышению мотивации в работе педагогов дополнительного образования.

Мотивационная среда в организации ДОД может быть определена как система целенаправленно созданных условий, стимулов и возможностей, которые активизируют профессиональную деятельность педагога, направляют ее на достижение личных и организационных целей и способ-

ствуют его профессиональному и личностному росту [10]. Для понимания специфики мотивации педагогов ДОД актуально обратиться к двухфакторной теории Ф. Герцберга. Данная теория разделяет факторы, влияющие на удовлетворенность работой, на две категории: гигиенические факторы и мотиваторы [8].

Согласно данной теории, «гигиенические факторы», такие как зарплата, условия труда и расписание, предотвращают неудовлетворенность трудом, но никак не мотивируют к высоким достижениям. Подлинную мотивацию обеспечивают внутренние факторы. К ним относятся признание, достижения, ответственность, возможности для профессионального роста и сама содержательность труда. Труд педагога ДОД по своей сути является креативным и проектно-ориентированным. Его ядро составляет не ре-продуктивная передача знаний, а создание ситуаций успеха, разработка уникальных образовательных программ, индивидуальная работа с одаренными детьми или детьми с особыми потребностями. Следовательно, мотивационная среда должна быть нацелена на усиление именно «мотиваторов», то есть внутренних факторов, связанных с содержанием самой деятельности и личностным ростом, а не на борьбу с «гигиеническими» факторами, которые лишь предотвращают неудовлетворенность [11, 12].

Трудно отрицать, что педагоги дополнительного образования обладают более высокой мотивацией к саморазвитию по сравнению со школьными педагогами. По результатам исследования А.В. Федоровой и В.А. Мостовой это обусловлено тем, что внутренняя мотивация педагогов дополнительного образования значительно преобладает над внешней мотивацией: «у педагогов дополнительного образования в первую тройку мотивирующих факторов входят самореализация, процесс работы и деньги, а у педагогов школы деньги, стремление избежать критики руководства и процесс работы» [12]. В дополнительном образовании педагог получает возможность для творческого подхода к образовательному процессу, он свободен в выборе методов и средств обучения.

Система стимулирования педагогов дополнительного образования включает как материальные, так и нематериальные методы мотивации. Материальная мотивация основывается на системе стимулирующих выплат, которые могут быть связаны с количеством обучающихся, прохождением курсов повышения квалификации, участием в конкурсах и других мероприятиях. Данная система представляет собой организационный компонент системы.

Важным элементом организационного компонента является система профессионального развития, которая включает:

- открытие собственных мастер-классов для коллег;
- повышение профессиональной самостоятельности;
- содействие в получении грантов на реализацию проектов;
- разработка и утверждение авторских программ;
- направление на престижные курсы и стажировки (рисунок).

Психологический компонент мотивационной среды связан с внутренними потребностями педагога в самореализации, профессиональном признании, творческой автономии и личностном развитии. Вполне логично, что мотивация достигает самого высокого уровня в случае, когда педагоги видят результаты своей работы, то есть успехи детей в развитии и обучении. Наблюдение за ростом и развитием обучающихся выступает в качестве источника вдохновения и подтверждения значимости их труда.

Социальный компонент мотивационной среды реализуется в виде взаимодействия в педагогическом коллективе, а также уровня профессиональной поддержки со стороны коллег и администрации [13]. Важным аспектом в коллективе является сформированность корпоративной культуры учреждения. Доверительная атмосфера и эмоциональный контакт между педагогами – важнейшие факторы мотивации. Поддержка коллектива формирует и укрепляет профессиональную мотивацию.

Несмотря на достаточное количество факторов, положительно влияющих на работу педагога дополнительного образования, все же острой остается проблема профессионального выгорания педагогических работников. Статистические данные показывают, что у 75 % педагогов присутствуют ярко выраженные симптомы выгорания, при этом 38 % находятся в острой фазе [14].

Особенностью дополнительного образования является то, что выгоревший педагог может стать причиной снижения мотивации обучающихся к посещению занятий, поскольку участие в дополнительном образовании носит добровольный характер.

Зачастую профессиональное выгорание представляет собой результат того, что внешняя среда на постоянной основе блокирует удовлетворение внутренних потребностей. Педагог испытывает резкую нехватку в признании, автономии, смысле, самореализации, а внутренние установки человека мешают ему вовремя остановиться и восполнить ресурсы.

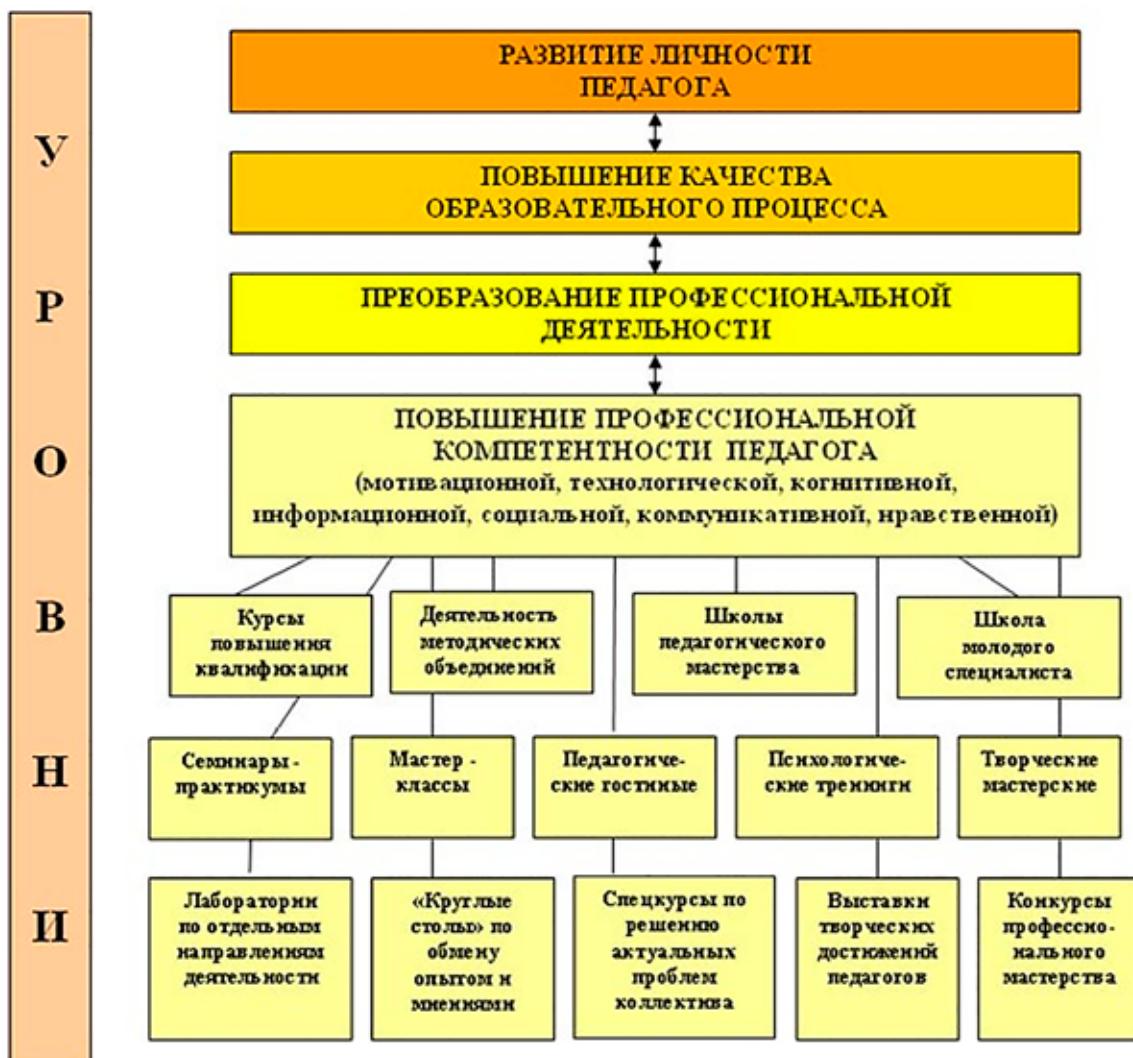


Схема уровней профессионального развития педагога
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 1

Факторы, влияющие на мотивацию педагогов дополнительного образования

Внутренние факторы	Внешние факторы
Интерес к предмету и педагогическому творчеству	Уважение и позитивное отношение со стороны обучающихся и администрации
Стремление к профессиональному росту и самореализации	Справедливая система оплаты и признания заслуг
Удовлетворение от успехов и достижений обучающихся	Возможности для профессионального развития

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

Педагог значительно быстрее выгорает потому, что он вкладывал в работу всего себя, не получая адекватной поддержки извне.

Для эффективной мотивации педагогов необходимо учитывать и балансировать

как внутренние, так и внешние факторы. Исследования показывают, что внутренние мотивы являются ведущими, однако внешние условия могут как усиливать, так и подавлять их (табл. 1).

Таблица 2

Критерии оценки мотивационной системы педагогов ДОД

Объективные показатели	Субъективные показатели
Производительность труда и качество образовательных услуг	Удовлетворенность трудом и условиями профессиональной деятельности
Текучесть кадров и стабильность педагогического коллектива	Уровень вовлеченности в образовательный процесс
Уровень квалификации педагогов и их профессиональное развитие	Готовность к инновациям и профессиональному развитию
Результаты обучающихся в конкурсах, олимпиадах, соревнованиях	Корпоративная лояльность и приверженность ценностям организации

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

На сегодняшний день существует интегрированная модель управления мотивацией педагогов, включающая цель управления, методологические подходы, принципы мотивации, инновационные методы стимулирования и критерии оценки результативности [15]. Эффективное управление мотивационной средой предполагает создание динамичной системы мотивации, ориентированной:

- на повышение качества образовательного процесса;
- профессиональный рост педагогов;
- развитие творческого потенциала;
- формирование устойчивой профессиональной мотивации.

Также в рамках развития системы мотивации педагогов важно уделять внимание именно персонализированному подходу в работе с детьми и в управлении педагогическими кадрами [16]. Сюда следует отнести:

- индивидуальные траектории профессионального развития педагогов;
- гибкие системы стимулирования, учитывающие личностные особенности;
- создание условий для самореализации каждого педагога;
- развитие наставничества и профессиональных сообществ.

Создавая и внедряя систему, важно понимать, что ее целесообразность и результативность нужно оценивать. Оценка эффективности мотивационной среды образовательной организации требует системного подхода и использования комплекса показателей. Основные критерии оценки включают ряд показателей (табл. 2).

Заключение

Формирование эффективной мотивационной среды педагогов дополнительного образования детей является комплексной задачей, требующей системного подхода и учета специфики данной образовательной сферы. Исследование показывает, что моти-

вационная среда представляет собой многокомпонентную систему, включающую организационный, психологический и социальный компоненты.

Особенностью мотивации педагогов дополнительного образования является преобладание внутренних мотивов над внешними, что обусловлено спецификой данной образовательной сферы. Ключевыми факторами мотивации выступают возможность самореализации, профессиональное признание, творческая автономия и удовлетворение от результатов педагогического труда. Персонализированный подход к мотивации, интеграция цифровых технологий и создание условий для непрерывного профессионального развития становятся приоритетными направлениями в управлении педагогическими кадрами системы дополнительного образования детей.

Список литературы

1. Макарова С.А. Многоуровневая модель мотивационно ориентированной образовательной среды в учреждениях дополнительного образования // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21285682_72215249.pdf (дата обращения: 11.11.2025).
2. Осипова С.И., Коцуба М.Л. Педагогические условия профессионально-личностного развития педагогов в дополнительном профессиональном образовании // Современные научно-исследовательские технологии. 2024. № 2. С. 64–68. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_61781110_62403085.pdf (дата обращения: 24.11.2025).
3. Савинок С.А. Теоретические подходы к изучению мотивации: анализ потребностей и факторов влияния // NovaUm.Ru. 2024. № 52. С. 123–125. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_80401542_49234597.pdf (дата обращения: 11.11.2025).
4. Долженко Р.А., Долженко С.Б. Рынок труда Свердловской области в условиях кадрового дефицита // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2025. Т. 23. № 3. С. 103–115. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82814673_27003762.pdf (дата обращения: 11.11.2025).
5. Трифонова Т.А., Семенова-Поляк Г.Г., Климанова Н.Г. Влияние профессионального выгорания на управленческие способности руководителей сельских школ // Вестник Мининского университета. 2025. Т. 13. № 1. DOI: 10.26795/2307-1281-2025-13-1-5 (дата обращения: 12.11.2025).

6. Клычкова Е.И. Проблема эмоционального выгорания педагогов: современные исследования, профилактика // Образование. Карьера. Общество. 2023. № 4 (79). С. 24–29. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_58800392_37466866.pdf (дата обращения: 11.11.2025).
7. Шестакова С.Д. Использование интернет-ресурсов в процессе обучения как способ формирования мотивации у школьников // Вестник научных конференций. 2024. № 6–1 (106). С. 106–109. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68504383> (дата обращения: 11.11.2025).
8. Павленко А.Д. Анализ удовлетворенности сотрудников общеобразовательной организации на основе мотивационной (двуфакторной) теории Ф. Герцберга // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 1. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48447241_18460519.pdf (дата обращения: 11.11.2025).
9. Суржик А.С. Модели диагностики профессионального выгорания сотрудников дополнительного образования // Современная школа России. Вопросы модернизации. 2022. № 4–1 (41). С. 168–169. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48611078> (дата обращения: 22.11.2025).
10. Буянова И.Б., Горшенина С.Н., Няясова И.А., Севрюкова Л.А. Педагогические условия развития профессиональной направленности будущего педагога дополнительного образования // Современные научноемкие технологии. 2024. № 8. С. 132–136. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69163437_68497750.pdf (дата обращения: 24.11.2025).
11. Яркова Д.Д., Мухина Т.Г., Малинин В.А., Сорокумова С.Н. Развитие творческого потенциала педагога в условиях деятельности федеральной инновационной площадки «Педагогическое лидерство» // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8. № 2 (31). С. 14. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42902495_42655160.pdf (дата обращения: 20.11.2025).
12. Федорова А.В., Мостовая В.А. Факторы саморазвития педагогов дополнительного образования детей // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11. № 6. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_63490175_44373147.pdf (дата обращения: 20.11.2025).
13. Груздева М.Л., Толчин Д.А. Мобильный технопарк «Кванториум» как современная форма дополнительного образования детей // Современные научноемкие технологии. 2023. № 6. С. 107–111. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54115917_60554635.pdf (дата обращения: 22.11.2025).
14. Сенаторова О.Ю. Мотивация профессионального развития и образовательные потребности педагогов в системе дополнительного профессионального образования МВД России // Психология и педагогика служебной деятельности. 2022. № 3. С. 199–201. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49596912_10781075.pdf (дата обращения: 20.11.2025).
15. Попова С.А. Модель управления мотивацией педагогического коллектива // Вестник науки. 2025. Т. 4. № 5 (86). С. 806–811. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82351116_87174508.pdf (дата обращения: 22.11.2025).
16. Декина Е.В. Технологии формирования мотивации к инновационной деятельности у педагогов дополнительного образования // Вестник Саратовского областного института развития образования. 2021. № 3 (27). С. 121–124. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48092720_74445474.pdf (дата обращения: 10.11.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.01:372.881.161.1
DOI 10.17513/snt.40655

**ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО
В ЦЕНТРАХ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СТРАНАХ ЮГА АФРИКИ**

**Егоров К.Б. ORCID ID 0000-0001-6696-6332,
Захарова В.А. ORCID ID 0000-0003-1647-4553**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет», Пермь,
Российская Федерация, e-mail: zaharova_va@pspu.ru*

Актуальность сотрудничества Российской Федерации и стран юга Африки в различных сферах экономики и в системе образования обозначается на самых высоких уровнях управления. При поддержке Министерства просвещения России в странах юга Африки открываются центры преподавания русского языка. Для эффективной организации работы таких центров необходимо сформулировать условия их деятельности. Преподавание русского языка служит целям подготовки квалифицированных кадров для национальных экономик африканских государств. Цель статьи – обозначить организационно-методические условия, при которых возможно совместить формирование функциональной грамотности и преподавание русского языка в центрах открытого образования в южноафриканских странах. Используя методологию сравнительной педагогики, авторы характеризуют специфику достижения образовательных результатов (формирования элементарной, функциональной грамотности и профессиональной компетентности): в общем образовании России – последовательное, в центрах образования на русском языке в странах юга Африки – параллельное. Специфика достижения образовательных результатов определяется особенностями экономики и системы образования, целевой аудиторией. С применением методов систематизации и конкретизации в статье описаны условия в трех аспектах (предпосылки, обстановка, требования), необходимые для сочетания процессов формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка на юге Африканского континента.

Ключевые слова: функциональная грамотность, элементарная грамотность, профессиональная компетентность, образовательный результат, общее образование, обучение русскому языку, педагогические условия, организационно-методические условия

**ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL CONDITIONS
FOR THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL LITERACY
IN THE STUDY OF RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE
IN OPEN EDUCATION CENTERS IN SOUTHERN AFRICA**

**Egorov K.B. ORCID ID 0000-0001-6696-6332,
Zakharova V.A. ORCID ID 0000-0003-1647-4553**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Perm State Humanitarian Pedagogical University”, Perm,
Russian Federation, e-mail: zaharova_va@pspu.ru*

The importance of cooperation between the Russian Federation and southern African countries in various economic sectors and in the education system is recognized at the highest levels of government. With the support of the Russian Ministry of Education, Russian language teaching centers are opening in southern African countries. To effectively organize the work of such centers, it is necessary to formulate the terms of their operation. Teaching Russian serves the purpose of training qualified personnel for the national economies of African countries. The purpose of this article is to outline the organizational and methodological conditions under which it is possible to combine the development of functional literacy and the teaching of Russian in open education centers in southern African countries. Using comparative pedagogy methodology, the authors characterize the specifics of achieving educational outcomes (the development of basic, functional literacy, and professional competence): in general education in Russia, this is sequential, while in Russian-language education centers in southern African countries, this is parallel. The specifics of achieving educational outcomes are determined by the characteristics of the economy, the education system, and the target audience. Using the methods of systematization and specification, the article describes the conditions in three aspects (prerequisites, environment, requirements) necessary for combining the processes of developing functional literacy and teaching the Russian language in the south of the African continent.

Keywords: functional literacy, basic literacy, professional competence, educational outcome, general education, teaching Russian language, pedagogical conditions, organizational and methodological conditions

Введение

Вопросы международного сотрудничества в сфере образования в настоящее время осмысливаются в новых геополитических условиях. Сотрудничество России и стран Южной Африки рассматривается в современной экономической и социальной реальности. Президент Российской Федерации В.В. Путин в 2023 г. в статье к второму петербургскому Саммиту Россия – Африка и Экономическому и гуманитарному форумам Россия – Африка отмечал активное взаимодействие России с отдельными странами Африки и их объединениями в области экономического и научно-технологического сотрудничества, динамичный рост взаимодействия в сфере образования, активизацию межвузовских связей¹; в 2024 г. в приветствии участникам первой конференции министров Форума партнерства Россия – Африка указывал на повышение насыщенности и многоплановости² сотрудничества между Российской Федерацией и африканскими государствами; в 2025 г. на саммите «Россия – Африка» в Санкт-Петербурге обратил внимание на укрепление связей с Африкой как системный приоритет российской внешней политики³. Реализуя государственную внешнюю политику, Министерство просвещения Российской Федерации инициировало проект, в рамках которого педагогические вузы России ведут активную работу по продвижению русского языка и культуры в странах Африки, создавая Центры открытого образования на русском языке.

Исследуя различные контексты рассмотрения проблемы преподавания русского языка за рубежом, выделим два контекстуальных фокуса, которые условно можно обозначить «функциональный русский язык» и «ценностный русский язык». Первый контекст – общекультурный и просветительский контекст («мягкой силы»), представленный в публикациях исследователей в такой предметной области, как филология [1–3]. В общекультурном контексте преподавание русского языка в центрах открытого

образования рассматривается в публикации в области юриспруденции Е.В. Ереминой [4]. Второй, прагматический контекст связан с экономическим развитием, получением профессии, где важными характеристиками выступают ценные практические сведения и умения, необходимые для работы, повышение квалификации, приобретение профессионального статуса, подготовка кадров для национальных экономик и глобального рынка труда. Данный контекст в предметной области истории рассмотрен А.Б. Ручкиным с указанием на возросшую «практичность» и нацеленность абитуриентов из стран Африки, изучающих русский язык и получающих российское образование, на трудоустройство и карьерный рост [5]. Публикация М.А. Качян, Е.С. Кудиной в предметных областях экономики и международных отношений акцентирует внимание на экспорте российского образования как основе конкурентоспособности [6]. Исследователи в области педагогики обращают внимание на возможность получить полезные для работы сведения [7] и на формирование функциональной грамотности жителей стран Африки [8; 9]. В отдельных публикациях отражены как первый, так и второй контексты [10–12]. Настоящая статья подготовлена во второй контекстной линии.

Взаимодействие России и стран южной Африки в сфере образования рассматривается в контексте подготовки национальных кадров для африканских государств, что актуализирует аспект преподавания русского языка как иностранного в африканских странах во взаимосвязи с требованиями экономики [13]. Специфика организации производства, сферы труда, системы образования в странах южной Африки определяет особенности достижения образовательных результатов.

Цель исследования – на основе систематизации и структурирования данных теоретического анализа и эмпирических исследований выделить организационно-методические условия, при которых возможно сочетание, с одной стороны, формирования элементарной и функциональной грамотности, с другой стороны, преподавания русского языка на юге Африканского континента.

Материалы и методы исследования

Статья подготовлена с использованием методологии сравнительной педагогики. Методом компараторного анализа сопоставлены подходы к формированию функциональной грамотности в контексте социально-экономического развития и специфики системы образования в России и странах

¹ В.В. Путин. Россия и Африка: объединяя усилия для мира, прогресса и успешного будущего // Официальный сайт Президента России. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/71719> (дата обращения: 12.11.2026).

² Приветствие В.В. Путина участникам первой министерской конференции Форума партнерства Россия – Африка // Официальный сайт Президента России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/letters/75530> (дата обращения: 12.11.2026).

³ Путин назвал укрепление связей с Африкой одним из приоритетов политики РФ // ТАСС. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/politika/23883359/> (дата обращения: 12.11.2026).

юга Африки. В данном фокусе важна трактовка понятия «педагогические условия» как совокупность детерминант: среды развития, требований к деятельности, духовных ценностей [14, с. 220].

Как инструмент общенаучной методологии использован метод конкретизации. Опираясь на трактовку О.В. Галкиной, рассмотрим понятие «организационно-педагогические условия» во взаимосвязи информационных комплексов, которые создаются на управленческом уровне и обеспечивают профессиональную деятельность преподавателей и учебную деятельность обучающихся для достижения планируемых образовательных результатов [15; 16]. В нашем исследовании используется классификация организационно-педагогических условий по О.В. Галкиной в трех аспектах: условия-предпосылка, условия-обстановка и условия-требования [15; 16]. Восхождение от абстрактного (общей педагогики) к конкретному (методики как одной из частных педагогических дисциплин) позволяет трактовать организационно-методические условия как конкретизацию организационно-педагогических условий, которые можно предъявить в качестве требований в методике преподавания русского языка как иностранного.

Теоретическими предпосылками исследования выступают: положение о формировании функциональной грамотности среди других уровней образовательных результатов [17; 18]; интегрированный подход к трактовке функциональной грамотности [19].

Результаты исследования и их обсуждение

Организационные условия в научной литературе описываются в предметной матрице менеджмента (экономические науки).

Описание организационно-педагогических условий – во взаимосвязи менеджмента (экономические науки) и общей педагогики (педагогические науки) [15; 16]. Организационно-методические условия опишем в пересечении предметных матриц менеджмента (экономические науки), общей педагогики и методик преподавания как частных педагогик (педагогические науки) с систематизацией на уровне общей педагогики и формулировкой рекомендаций на уровень методики преподавания русского языка как иностранного. Организационно-методические условия выступают конкретизацией организационно-педагогических условий, отражая специфику технологического уровня управления образовательной организацией. Раскроем их, опираясь на положения О.В. Галкиной об уровнях управления (табл. 1).

Исходя из классификации организационно-педагогических условий О.В. Галкиной, конкретизируем каждый тип условий применительно к предмету исследования.

Условия-предпосылки – условия, предваряющие деятельность по достижению поставленной цели [15; 16]. Такими предваряющими условиями, определяющими возможность сочетания процессов формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка как иностранного в странах, расположенных на юге Африканского континента, выступают:

- особенности геополитической ситуации и стратегические линии России и стран, расположенных на юге Африканского континента [11; 20];
- востребованность русского языка в южноафриканских странах во взаимодействии с сообществами, представляющими бизнес и гуманитарную сферу [21];
- место функциональной грамотности среди других образовательных результатов.

Таблица 1

Уровни управления и их характеристика по О.В. Галкиной

Уровень управления	Институциональный	Управленческий	Технологический
Характеристика	Взаимодействие руководителя образовательной организации с социумом и на этой основе создание условий для деятельности педагогов	Взаимодействие руководителя образовательной организации с педагогами и обучающимися	Взаимодействие педагога с обучающимися для реализации их целесообразной учебной деятельности по достижению образовательных результатов
Субъекты взаимодействия	Социум – руководитель образовательной организации – педагоги	Руководитель – педагоги – обучающиеся	Педагог – обучающиеся

Примечание: составлена авторами на основе анализа источников [15; 16].



Рис. 1. Последовательность достижения образовательных результатов в России
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Термин «функциональная грамотность» отражает способность человека применять полученные в процессе формального и неформального образования знания, умения и навыки при решении ежедневных жизненных задач и ориентации в мире профессий. Функциональная грамотность выступает фундаментом профессиональной деятельности [17, с. 7]. Опираясь на тезис В.А. Ермоленко о вариативности наполнения понятия «функциональная грамотность» в различных исторических и географических контекстах [22], покажем отличия последовательности образовательных результатов в Российской Федерации и в странах, расположенных на юге Африканского континента, которые необходимо учитывать в реализации образовательных программ центров открытого образования на русском языке.

В России с 2021 г. формирование функциональной грамотности закреплено в федеральных государственных образовательных стандартах и программах как результат общего образования на всех уровнях. Практически все российские дети получают начальное, затем основное общее образование, после которого более 50% выпускников поступают в учреждения среднего профессионального образования и начинают осваивать профессиональные программы совместно с общеобразовательными, оставшаяся часть продолжает учиться в общеобразовательных организациях, осваивая программы профильного обучения, готовящие их к выбору и получению профессии в учреждениях высшего образования. В россий-

ских условиях достижение образовательных результатов выстраивается последовательно: сначала происходит формирование элементарной грамотности, затем функциональной грамотности и далее – профессиональной компетентности (рис. 1).

В странах, расположенных на юге Африканского континента, выпускники начальной школы (обучение в которой длится 7 лет) получают документ об образовании и могут завершить общее образование и устроиться на работу. Многие африканские дети начинают работать, обучаясь в начальных классах [23]. Акцент на формировании функциональной грамотности входит в практику преподавания в странах юга Африки. В частности, в Южно-Африканской Республике связь изучаемого материала с решением практических жизненных задач (building connections among different topics and real-life situations) рассматривается как один из семи индикаторов в оценке деятельности учителя [24, с. 92].

В центрах открытого образования программы дополнительного образования на русском языке осваивают взрослые, имеющие разные профессии и владеющие русским языком на различных уровнях [25]. Следовательно, в центрах открытого образования на русском языке в странах, расположенных на юге Африканского континента, должно быть организовано достижение трех уровней образовательных результатов параллельно, сочетая формирование элементарной, функциональной грамотности и профессиональной компетентности (рис. 2).



Рис. 2. Последовательность достижения образовательных результатов в центрах открытого образования в странах юга Африканского континента
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Условия-обстановка – условия, которые устанавливаются руководителем и направляют преподавателя в профессиональной деятельности и обучающихся в учебной деятельности [15; 16]. Специфику условий обстановки, в которых возможно сочетание формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка в странах, расположенных на юге Африканского континента, определяет связь с уровнями читательской грамотности. Обсуждение проблемы формирования функциональной грамотности в мире актуализировалось по результатам международных сопоставительных исследований PISA, PIRLS, TIMSS. В данных исследованиях из стран юга Африки участвует Южно-Африканская Республика. В то же время в странах, расположенных на Африканском континенте, другое сопоставительное исследование в сфере образования The Southern and Eastern Africa Consortium for Monitoring Educational Quality (SACMEQ, SEACMEQ) проводилось в период с 1996 по 2015 г. и возобновлено в 2023 г. Исследование SACMEQ/SEACMEQ как инициатива 15 африканских стран с английским государственным языком проводилось с 1996 по 2015 г. при поддержке правительства Нидерландов и ЮНЕСКО (UNESCO's International Institute for Educational Planning, IIEP), финансовой поддержке Всемирного Банка. Межгосударственное исследование возобновлено в 2023 г. Исследование SACMEQ, SEACMEQ имело целью оценку навыков чтения и математических навыков, а также основ грамотности в области здоровья (HIV and AIDS knowledge), результаты использовались государственными струк-

турами для оценки ситуации и принятия решений на уровне государств. В исследование на первом этапе вошли такие страны, как Кения, Малави, Маврикий, Намибия, Танзания, Замбия и Зимбабве, позднее – Ботсвана, Лесото, Мозамбик, Сейшельские острова, Южная Африка, Свазиленд и Уганда [26, с. 11–12, 30–31]. Исследование SACMEQ, SEACMEQ проводилось как когортное, охватывающее возрастную группу обучающихся 6-х классов. По аналогии с ним во многих странах Африки инициированы национальные исследования [23].

Для изучения русского языка большое значение имеет читательская грамотность. Рассмотрим подробнее структуру оценки читательской грамотности в рамках исследования SACMEQ, SEACMEQ в странах Африки. Читательская грамотность в исследовании SACMEQ, SEACMEQ оценивалась по восьми уровням: предварительное чтение, ситуативное чтение, базовое чтение, чтение в поисках смысла, интерпретирующее чтение, влияющее чтение, аналитическое чтение, критическое чтение. При этом совмещалась оценка элементарной (literacy) и функциональной грамотности (functional literacy) с вариативностью точки отсчета функциональной грамотности: в отдельных странах уровень элементарной грамотности завершался на 4-м пункте шкалы, в других – на 5-м.

С целью отражения особенности контекста оценки образовательных результатов в странах юга Африки считаем целесообразным представить эту шкалу, не известную ранее российским исследователям в переводе на русский язык (табл. 2).

Таблица 2

Уровни читательской грамотности в странах Африки

Уровень	Элементарная грамотность
1.	Предварительное чтение: сопоставляет слова и изображения, связанные с конкретными понятиями и повседневными предметами, и следует коротким простым письменным инструкциям
2.	Ситуативное (экстренное) чтение: сопоставляет слова и изображения, содержащие предлоги и абстрактные понятия; использует системы подсказок (озвучивая, используя простую структуру предложений и знакомые слова) для интерпретации фраз при чтении
3.	Базовое чтение: интерпретирует значение (сопоставляя слова и фразы, завершая предложение или сопоставляя соседние слова) в коротком и простом тексте, читая его далее или перечитывая (возвращаясь назад)
4.	Чтение ради смысла: читает или перечитывает текст, чтобы связать и интерпретировать информацию, расположенную в различных частях текста
Функциональная грамотность	
5.	Интерпретирующее чтение: читает и перечитывает, чтобы объединить и интерпретировать информацию из различных частей текста в сочетании с внешней информацией (на основе припоминаемых фактических знаний), которая «завершает» и контекстуализирует смысл
6.	Оценочное чтение (дедуктивное чтение или чтение для умозаключений): читает и перечитывает более длинные тексты (повествование, документ или пояснение), чтобы объединить информацию из различных частей текста и сделать вывод о цели автора
7.	Аналитическое чтение: находит информацию в более длинных (повествовательных, документальных или пояснительных) текстах, читая и перечитывая их, чтобы объединить информацию из различных частей текста и сделать вывод о личных убеждениях автора (системе ценностей, стереотипах и/или предпочтениях)
8.	Критическое чтение: находит информацию в более длинных текстах (повествовательных, документальных или пояснительных), читая и перечитывая их, чтобы объединить информацию из различных частей текста, чтобы сделать вывод и оценить предположения автора как по теме, так и по характеристикам читателя – например, возраст, знания и личные убеждения (системы ценностей, стереотипы и/или предпочтения)

Примечание: составлена авторами на основе источника [23]. Промежуточный уровень (элементарная и функциональная грамотность) выбран авторами.

В качестве условия-обстановки для формирования функциональной грамотности в процессе изучения русского языка в центрах открытого образования обозначим учет при разработке заданий достигнутых обучающимися уровнями читательской грамотности.

Для обучающихся в центрах открытого образования в странах, расположенных на юге Африканского континента, русский язык не является родным, следовательно, обучение русскому языку даже взрослых людей в таких центрах должно начинаться с уровня элементарной читательской грамотности. Среди обучающихся на курсах русского языка представлены люди с разной степенью владения, включая изучение «с нуля». Такую вариативность подготовки обучающихся позволяет учитывать педагогическая технология формирования функциональной грамотности, разработанная в ПГГПУ, совмещающая обучение в зоне актуального развития (задания для самостоятельного выполнения) и в зоне ближайшего развития (задания для выполнения с по-

мощью преподавателя или более подготовленного сокурсника).

Условия-требования – условия, которые выступают контрольными точками в профессиональной деятельности преподавателей и в учебной деятельности обучающихся [15; 16]. В фокусе условий-требований разработанная педагогическая технология, совмещающая возможности формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка как иностранного, конкретизирована на уровне методики.

Для осмысливания возможностей сочетания формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка как иностранного в центрах открытого образования в фокусе условий-обстановки необходимо уточнить трактовку понятия «компетенция»: данное понятие отражает содержательную характеристику, которая может проявляться на одном, нескольких или на каждом из уровней образовательных результатов, то есть на уровне элементарной и функциональной грамотности, профессиональной компетентности [27].

Таблица 3

Вариативность уровней сформированности коммуникативной компетенции

Уровень образовательных результатов	Элементарная грамотность	Функциональная грамотность	Профессиональная компетентность
Характеристики	Передавать услышанную речь буквенными символами (элементарное письмо); преобразовывать буквенные символы текста в звучащую или внутреннюю речь (элементарное чтение)	Использовать чтение и письмо для решения задач каждодневной жизни (например, прочитать информацию о графике работы магазина, написать отзыв о покупке и др.)	Читать и писать в процессе решения профессиональных задач (например, прочитать или внести информацию о показаниях приборов – для техника, о состоянии пациента – для врача)

При обучении русскому языку в центре внимания находится коммуникативная компетенция, которая входит в число ключевых компетенций и, соответственно, может быть представлена на всех трех уровнях образовательных результатов (табл. 3).

В основу разрабатываемого курса русского языка положены коммуникативные ситуации, приближенные к реальной жизни [28].

Требования к разработке заданий для формирования функциональной грамотности при изучении русского языка как иностранного отражены в спецификации, включающей следующие компоненты:

- вид познавательной деятельности: знание, применение, рассуждение в ситуации определенности (рассуждение 1), рассуждение в ситуации неопределенности (рассуждение 2);

- формируемое умение, которое соотносится с видом функциональной грамотности, выстраивается во взаимосвязи предметных и метапредметных результатов;

- коммуникативная ситуация: определяется содержательно-методическим каркасом [24]. В разработанном комплексе заданий для второго года обучения выделено четыре типа коммуникативных ситуаций: «Погода», «Природа», «Интересы, увлечения (хобби)», «Праздники»;

- лексика: активная (в зоне актуального развития обучающихся, которой должны овладеть обучающиеся, понимать и использовать в общении) и пассивная (в зоне ближайшего развития обучающихся, которую обучающиеся должны понимать в контексте).

На основе представленных требований учеными ПГГПУ разработаны комплексы заданий для различных уровней читательской грамотности.

Заключение

Изучение русского языка в странах юга Африки начинается с различных стартовых

позиций, в том числе «с нуля», и ведется в контексте жизненных и профессиональных задач. В качестве организационно-методических условий, позволяющих совмещать формирование функциональной грамотности и преподавание русского языка как иностранного в центрах открытого образования в странах, расположенных на юге Африканского континента, выделены три типа условий (предпосылки, обстановка, требования).

Условия-предпосылки включают в себя: учет геополитической ситуации и стратегических ориентиров взаимодействия Российской Федерации и стран, расположенных на юге Африканского континента, востребованность русского языка в южноафриканских странах во взаимодействии с обществами, представляющими бизнес и гуманитарную сферу; совмещение процессов формирования элементарной, функциональной грамотности, профессиональной компетентности и преподавания русского языка.

Условия-обстановка предполагают учет при разработке заданий достигнутых обучающимися уровнями читательской грамотности согласно шкале межгосударственных исследований читательской грамотности в странах Африки.

Условия-требования – требования к разработке заданий, позволяющие совмещать процессы формирования функциональной грамотности и преподавания русского языка как иностранного в центрах открытого образования в странах, расположенных на юге Африканского континента. Условия-требования отражены в спецификации заданий, включающей: вид познавательной деятельности (знание, применение, рассуждение в ситуации определенности, рассуждение в ситуации неопределенности); формируемое умение, соотносимое с видом функциональной грамотности, предмет-

ными и метапредметными результатами; коммуникативная ситуация (определяется содержательно-методическим каркасом); активная и пассивная лексика.

В основу разрабатываемого курса русского языка «Функциональный русский язык» положены коммуникативные ситуации, приближенные к реальной жизни.

Список литературы

1. Арская Ю.А. Продвижение русского языка за рубежом как инструмент «мягкой силы»: роль вузов в реализации Концепции государственной поддержки и продвижения русского языка за рубежом (на примере деятельности Иркутского государственного университета) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Политология. Религиоведение. 2017. Т. 22. С. 141–148. URL: <https://izvestiapolit.isu.ru/ru/article?id=1027> (дата обращения: 11.06.2025). EDN: ZMMOVZ.
2. Шестакова Л.И., Березовская Я.Л. Создание и развитие партнерской сети центров открытого образования на русском языке за рубежом как форма реализации языковой политики государства // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. № 12 (446). С. 178–183. URL: <https://journals.csu.ru/index.php/BulletinCSU/article/view/1003> (дата обращения: 11.09.2025). DOI: 10.47475/1994-2796-2020-11224. EDN: NBPYTZ.
3. Вертьянова А.А., Ермошина М.А. Формирование духовно-нравственных ценностей школьников во внеурочной деятельности в рамках мероприятий культурно-языкового центра // Язык и культура. 2023. № 61. С. 154–172. URL: https://journals.tsu.ru/language/&journal_page=archive&id=2356 (дата обращения: 11.09.2025). DOI: 10.17223/19996195/61/9. EDN: HWBODZ.
4. Еремина Е.В. Центры открытого образования как модель продвижения российского образования за рубежом: появление, характеристика, внедрение // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 3 (60). С. 85–101. URL: <https://www.vestnik-nauki.ru/article/7553> (дата обращения: 02.10.2025). EDN: TVKLRM.
5. Ручкин А.Б. Экспорт российского образования в страны Африки: вызовы и ресурсы развития // Знание. Понимание. Умение. 2019. № 2. С. 21–32. URL: <https://journals.mosgu.ru/zpu/article/view/968> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.17805/zpu.2019.2.2.
6. Качян М.А., Куйдина Е.С. Экспорт российского образования в Африку как основа конкурентоспособности экономики в условиях глобализации // Социально-гуманистические знания. 2021. № 5. С. 321–327. URL: https://socgum-journal.ru/archive/?ELEMENT_ID=34906 (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.34823/SZG.2021.5.51695. EDN: FJOONH.
7. Брунова Н.В., Коротышев А.В., Омельченко Е.А., Шевцова А.А., Орлова А.Ю. Инструмент языка: анализ проектов, направленных на поддержку русского языка в России и мире // Этнодиалоги. 2021. № 2 (64). С. 8–77. URL: https://etnosfera.ru/images/Almanah/2_2021.pdf (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.37492/ETNO.2021.64.2.001. EDN: SZWCYB.
8. Данилов С.В., Шустова Л.П., Мишина А.П. Функциональная грамотность выпускников эфиопских школ (на примере региона народов юго-запада Эфиопии) // Ученые записки Института Африки РАН. 2025. Т. 11. № 2. С. 135–146. URL: https://africajournal.ru/2025/06/26/on-the-development-of-functional-literacy-of-graduates-of-ethiopian-schools-the-case-of-the-southwest-ethiopia-peoples-region_ru/ (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.31132/2412-5717-2025-71-2-135-146.
9. Худякова М.А., Власова И.Н. Сравнительный анализ подходов к формированию функциональной грамотности в РФ и странах юга Африки (ЮАР, Зимбабве, Намибии, Ботсване) // Управление образованием: теория и практика. 2025. № 2–2. С. 315–329. URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/2064> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25726/y9227-5225-4311-c. EDN: XBCMIK.
10. Бойчук Е.И., Воронцова И.А. Сотрудничество российских педагогических вузов со странами Западной Африки (опыт центров открытого образования). Ученые записки Института Африки РАН. 2025. Т. 11. № 2. С. 92–105. URL: https://africajournal.ru/2025/06/26/cooperation-of-russian-pedagogical-universities-with-west-african-countries-the-case-study-of-open-education-centers_ru/ (дата обращения: 02.10.2025). DOI: <https://doi.org/10.31132/2412-5717-2025-71-2-92-105>.
11. Кулаева Г.М., Якимов П.А. Педагогическая поддержка деятельности «Центров открытого образования на русском языке и обучения русскому языку» в странах Африки (на примере Республики Уганда) // Перспективы науки и образования. 2025. № 1 (73). С. 258–270. URL: <https://pnojournal.wordpress.com/2025/02/28/kulaeva/> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.32744/pse.2025.1.17. EDN: TPVHII.
12. Ядровская Е.Р., Богданова М.В., Ядровская В.И. Русский язык в Африке: опыт социального проектирования // Мир русского слова. 2024. № 4. С. 71–80. URL: <https://mirs.spbu.ru/article/view/21337> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.16368/spbu30.2024.408. EDN: RWKLHL.
13. Крузе Б.А., Вертьянова А.А., Ермошина М.А. Условия развития функциональной грамотности при организации обучения русскому языку в странах юга Африки // Обзор педагогических исследований. 2023. Т. 5. № 7. С. 84–89. URL: <https://opi-journal.ru/archives/10098> (дата обращения: 02.10.2025). EDN: WDUNYP.
14. Баженова Н.Г., Хлудеева И.В. Педагогические условия, ориентированные на развитие: теоретический аспект // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2012. № 151. С. 217–223. URL: https://lib.herzen.spb.ru/media/magazines/contents/1/151/bazhenova_151_217_223.pdf (дата обращения: 02.10.2025). EDN: PIFMXL.
15. Галкина О.В. Организационно-педагогические условия как категория научно-педагогического исследования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10. № 6–2. С. 30–36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=sedlzn> (дата обращения: 02.10.2025). EDN: SEDLZN.
16. Галкина О.В. Организационно-педагогические условия как категория научно-педагогического исследования // Вестник Поволжской государственной социально-гуманитарной академии. Факультет управления. Выпуск четвертый / Научн. ред. проф. Л.И. Фишман. Самара: ПГСГА, 2009. С. 4–17.
17. Егоров К.Б., Захарова В.А. Институты внешней оценки качества образования. Российский и международный контекст: монография. Пермь: Форвард-С, 2023. 284 с. ISBN 978-5-907675-70-4.
18. Захарова В.А. Функциональная грамотность в ретроспективе и перспективе: проблемно-исторический анализ зарубежных источников // Управление образованием: теория и практика. 2023. № 4 (62). С. 208–217. URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/863> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25726/v3039-5555-6987-i. EDN: IQKINW.
19. Johnson Lineo Rose. Cultural and social uses of orality and functional literacy: A narrative approach // Reading & Writing. 2016. № 7 (1). a119. URL: https://www.researchgate.net/publication/309470065_Cultural_and_social_uses_of_orality_and_functional_lite_racy_A_narrative_approach (дата обращения: 11.09.2025). DOI: 10.4102/rw.v7i1.119.
20. Егоров К.Б., Крузе Б.А., Вертьянова А.А. Содержательные условия взаимодействия со странами юга Африки в сфере образовательной деятельности с целью продвижения ценностей российского образования // Управление образованием: теория и практика. 2024. № 9–1. С. 284–293. URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/1750> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25726/w4001-2901-5096-g. EDN: WWFTEF.
21. Вертьянова А.А., Ермошина М.А., Крузе Б.А., Матвеев Е.В. Текущий количественный и качественный статус преподавания русского языка как иностранного и образования на русском языке в странах юга Африки // Управление образованием: теория и практика. 2025. № 2–2. С. 263–272.

- URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/2054> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25726/b3051-2552-1303-m. EDN: MIQJTK.
22. Ермоленко В.А. Развитие функциональной грамотности обучающегося: теоретический аспект // Пространство и время (альманах). 2015. Т. 8. Вып. 1: Пространство и время образования [Электронный ресурс]. URL: https://2227-9490e-aprov_e-ast8-1.2015.12 (дата обращения: 11.09.2025).
23. Southern and Eastern Africa Consortium for Monitoring Educational Quality (SEACMEQ). SACMEQ IV International Report [Электронный ресурс]. URL: <http://www.seacmeq.org/?q=publications> (дата обращения: 08.09.2025).
24. TALIS 2024 South Africa Country Report. Published by the Department of Basic Education. Pretoria, 2024. 226 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.education.gov.za/Portals/0/Documents/Reports/2025/TALIS%202024%20Country%20Report.pdf?ver=2025-10-27-093543-250> (дата обращения: 11.09.2025).
25. Ермошина М.А., Вертьянова А.А. Организационно-педагогические условия формирования коммуникативной компетенции у иностранных слушателей посредством дополнительных общеобразовательных программ // Методология и технологии преподавания русского языка как иностранного: материалы международной научно-практической конференции (г. Москва, 15 февраля 2024 г.). М.: Московский педагогический государственный университет, 2024. С. 210–216. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68589506> (дата обращения: 02.10.2025). EDN: LRKBLT.
26. Johnson S. Design challenges for national assessment in this accountability era: A background paper commissioned by Cambridge Assessment. Cambridge, UK: Cambridge Assessment. 2017. 46 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cambridgeassessment.org.uk/Images/428588-design-challenges-for-national-assessment-in-this-accountability-era.pdf> (дата обращения: 08.09.2025).
27. Захарова В.А. Подготовка студентов педагогического вуза к формированию функциональной грамотности учеников начальной школы: интерпретация компетентностного подхода // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 3 (72). С. 447–454. URL: <https://vestnik.volbi.ru/webarchive/372/pedagogika/podgotovka-studentov-pedagogicheskogo-vu.html> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1365. EDN: CPFKZX.
28. Вертьянова А.А., Ермошина М.А., Крузе Б.А. Учебно-методическое обеспечение формирования функциональной грамотности изучающих русский язык в странах юга Африки // Управление образованием: теория и практика. 2023. № 10–2 (69). С. 278–286. URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/view/1130/> (дата обращения: 02.10.2025). DOI: 10.25726/v3678-1402-6627-1. EDN: GLGCQH.

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 по теме «Организационно-методические условия формирования функциональной грамотности при обучении русскому языку в странах Юга Африки (ЮАР, Зимбабве, Намибия, Ботсвана) (KPZU-2025-0007) 1024070900001-6-5.3.1».

Financing: The study was carried out within the framework of the state assignment on the topic “Organizational and methodological conditions for the formation of functional literacy in teaching the Russian language in the countries of Southern Africa (South Africa, Zimbabwe, Namibia, Botswana) (KPZU-2025-0007) 1024070900001-6-5.3.1”.

УДК 372.851
 DOI 10.17513/snt.40656

ОЦЕНКА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Каркаева Л.С. ORCID ID 0000-0002-4703-8503, Сальникова А.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева», Саранск, Российская Федерация, e-mail: lskapkaeva@mail.ru

В статье обоснована возможность и целесообразность формирования исследовательских умений старшеклассников в процессе решения нестандартных математических задач. Формирование исследовательских умений школьников рассматривается как необходимый процесс в ходе реализации ФГОС среднего общего образования и актуальная проблема теории и методики обучения математике. Цель исследования заключалась в определении уровня сформированности исследовательских умений обучающихся 10 класса, проявляемых при решении нестандартных математических задач. В рамках исследования рассмотрены трактовки понятий «учебно-исследовательская деятельность», «исследовательские умения», «нестандартные задачи по математике». Раскрыта структура учебно-исследовательской деятельности и содержание этапов формирования исследовательских умений школьников. Для определения уровня овладения специальными исследовательскими умениями, которые используются и формируются в процессе обучения математике, авторами разработан тест из семи задач для обучающихся 10-го профильного класса. Каждая задача представляет собой проблемную ситуацию, требующую анализа для ее разрешения, и проверяет уровень сформированности отдельного исследовательского умения. В статье приведены результаты педагогического эксперимента, в ходе которого выявлены исследовательские умения старшеклассников, сформированные на низком, среднем и высоком уровнях, и предложены виды задач с указанием исследовательских умений, которые формируются в процессе их решения.

Ключевые слова: учебно-исследовательская деятельность, исследовательские умения, нестандартная задача по математике, уровни сформированности умений, диагностика сформированности исследовательских умений

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF RESEARCH SKILLS OF SENIOR SCHOOL STUDENTS IN THE PROCESS OF SOLVING NON-STANDARD MATHEMATICAL PROBLEMS

Каркаева Л.С. ORCID ID 0000-0002-4703-8503, Сальникова А.С.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 "Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseyev",
 Saransk, Russian Federation, e-mail: lskapkaeva@mail.ru*

This article substantiates the feasibility and feasibility of developing high school students' research skills through solving non-standard mathematical problems. Developing schoolchildren's research skills is considered a necessary process in the implementation of the Federal State Educational Standard for Secondary General Education and a pressing issue in the theory and methodology of teaching mathematics. The purpose of the study was to determine the development of 10th-grade students' research skills demonstrated when solving non-standard mathematical problems. The study examined the interpretations of the concepts of "educational research activity," "research skills," and "non-standard mathematical problems." The structure of educational research activity and the stages of developing schoolchildren's research skills are revealed. To assess the level of mastery of special research skills in mathematics, the authors developed a test consisting of 7 problems for 10th-grade students in a specialized field. Each problem represents a problematic situation requiring analysis to resolve and tests the development of a specific research skill. The article presents the results of a pedagogical experiment, which revealed the research skills of high school students, formed at a low, medium and high levels, and suggests types of tasks indicating the research skills that are formed in the process of solving them.

Keywords: educational and research activities, research skills, non-standard task in mathematics, levels of skill development, diagnostics of development of research skills

Введение

Быстро меняющаяся реальность требует сегодня от человека развитых навыков критического и творческого мышления для решения нестандартных задач. В ответ на это главной целью образования становится формирование гибкой и самостоятельной личности. Такой человек должен уметь бы-

стро находить информацию, анализировать ее, на основе этого анализа создавать новые знания и предлагать уникальные решения. Современному обществу нужны люди с исследовательской жилкой, способные к постоянному познанию и инновациям, то есть способные осуществлять исследовательскую деятельность.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) среднего общего образования закрепляет концепцию «портрета выпускника школы», определяющую ключевые личностные характеристики, необходимые для успешной интеграции в общество. В рамках этого идеала обучающийся не только должен владеть фундаментальными научными методами познания, но и быть мотивированным к реализации творческого, исследовательского и проектного потенциала, в том числе в инновационной сфере. Особый акцент делается на гражданском самоопределении: выпускник призван уважать, сохранять и транслировать далее культурное наследие и духовные ориентиры России. Реализация этих требований напрямую зависит от сформированности критического мышления, способности к анализу и верификации информации, выдвижению и проверке гипотез, а также формулированию обоснованных выводов. Значимо, что данный комплекс умений составляет ядро как исследовательской деятельности в целом, так и процесса решения нестандартных математических задач, в частности. Таким образом, центральными проблемами современного математического образования становятся задачи целенаправленного развития исследовательских умений и обучения решению нестандартных задач.

Методический аспект формирования исследовательских умений в ходе изучения математики рассматривался в работах современных методистов-математиков. Большинство из них подчеркивали важность формирования исследовательских умений для осуществления учебно-исследовательской деятельности и выделяли теоретические аспекты проблемы формирования исследовательских умений, такие как структура исследовательской деятельности, классификация исследовательских умений, способы их формирования [1]. Однако в методике обучения математике отсутствуют модели формирования исследовательских умений, нет четко сформулированных рекомендаций для учителей по формированию и оценке исследовательских умений с целью решения математических задач.

Понятие учебно-исследовательской деятельности в методической литературе трактуется аналогично [2–4]. Так, В.А. Далингер отмечает одну из основных черт учебно-исследовательской деятельности – творческий характер, поскольку она реализуется обучающимися с преимущественно самостоятельным применением научных методов познания [5]. Он трактует учебно-исследовательскую деятельность как самостоятельное решение учебной проблемы,

которое включает в себя поиск необходимой информации, а также прогнозирование итогов работы и планирование шагов для их достижения [6]. Такое определение отражает компоненты исследовательской деятельности, аналогичные этапам решения нестандартных математических задач.

Подробная структура учебно-исследовательской деятельности в условиях инновационного образования и развития методической науки рассмотрена в работах А.М. Жанбурбаевой [7] и Н.Л. Стефановой [4]. С позиции метаметодического подхода профессор Н.Л. Стефанова выделяет следующие структурные компоненты учебно-исследовательской деятельности: 1) идентификация и формулирование исследовательской проблемы; 2) систематизация и обработка эмпирических данных; 3) построение исследовательской гипотезы; 4) проведение экспериментальной проверки и теоретического подтверждения выдвинутой гипотезы; 5) интерпретация полученных результатов и формулирование выводов.

Данные этапы в контексте решения нестандартных математических задач можно сформулировать следующим образом: 1) анализ содержания и определение типа задачи, формулирование требования; 2) установление теоретического базиса задачи и проверка его на частных случаях (если это необходимо); 3) построение последовательности предполагаемых действий, определяющих способ решения; 4) теоретическое обоснование выполняемых действий и подтверждение выбранного способа решения; 5) интерпретация полученных результатов и формулирование выводов. Назовем эти этапы ключевыми этапами учебно-исследовательской деятельности в процессе решения нестандартных математических задач.

Для эффективной реализации исследовательской деятельности в школьном математическом образовании обучающиеся должны владеть исследовательскими умениями. В научно-методической литературе существуют разные определения этого понятия. Одни (О.Л. Калинина, А.Ю. Фадеева, В.А. Гусев) определяют исследовательские умения перечислением действий, входящих в их состав. Другие (О.В. Аксенова, М.А. Якунчев, И.Ф. Маркинов, Н.Г. Семенова, Д.А. Кириллова, О.Н. Белова) формулируют определение исследовательских умений через ближайший род и видовые отличия, не касаясь подробно действий, которые необходимо освоить [8; 9, с. 105].

Опираясь на анализ существующих определений, в контексте обучения решению нестандартных задач под исследовательскими умениями обучающихся будем

понимать комплекс умений, обеспечивающих самостоятельную полную или частичную реализацию ключевых этапов учебно-исследовательской деятельности. Данные умения активизируются в ситуациях решения нестандартных задач и предполагают активное применение методов научного познания.

Будем рассматривать общие и специальные исследовательские умения. К общим исследовательским умениям относятся: умение видеть проблему, ставить гипотезы, находить и анализировать информацию, проводить эксперименты, делать выводы и умозаключения, то есть те умения, которые необходимы для проведения любого исследования, независимо от содержания. Специальные исследовательские умения – это умения, которые формируются и используются в конкретной предметной области, например в математике.

Под нестандартной задачей по математике будем понимать задачу, решение которой невозможно по уже известному алгоритму или правилу, а требует применения исследовательских умений, творческого поиска, суть которого заключается в активном нахождении новых, нестандартных и оригинальных идей, подходов и решений, которые отличаются от уже существующих.

Как показывает практика, навык решения нестандартных задач по математике зависит от уровня сформированности исследовательских умений школьников. Создать уникальный алгоритм решения задачи – это значит провести исследование проблемы, содержащейся в ней: выделить вопрос, выдвинуть гипотезу, обосновать ее, построить путь ее доказательства и проверить результат. Все эти этапы можно отождествить с этапами решения нестандартной математической задачи.

Этапы формирования исследовательских умений выделены в ряде работ. Остановимся на этапах, выделенных О.В. Аксеновой [10, с. 6] и В.Ю. Бодряковым [11]. Они рассматривают четыре этапа формирования исследовательских умений студентов: проблемно-поисковый, эвристический, диагностический, практический – и предлагают использовать лабораторные работы по математике на двух представленных этапах. Эти этапы можно адаптировать и к школьному образованию.

Многие методисты [12–14] предлагали для формирования исследовательских умений лишь отдельные, хотя и эффективные, с их точки зрения, типы задач. Такие задачи носят познавательный, исследовательский характер [15; 16]. При наличии многочис-

ленных исследований современная дидактическая практика не обладает четко разработанной системой рекомендаций для учителей по поэтапному развитию данных умений в процессе обучения математике и их использованию в качестве инструмента решения нестандартных математических задач. Однако исследовательские умения составляют фундамент решения нестандартных задач по математике. В качестве таких задач выступают исследовательские задачи с параметром, задачи на поиск доказательства, задачи с множественным решением, геометрические задачи на построение, олимпиадные задачи и т. п.

Для разработки методики обучения решению нестандартных задач по математике авторами проведена диагностика уровня сформированности исследовательских умений обучающихся 10-го класса, основанная на решении нестандартных математических задач. Участниками эксперимента стали обучающиеся классов 10А и 10Б МОУ «Лицей № 4» г. о. Саранск Республики Мордовия, 42 чел.

Цель исследования – определить уровень сформированности исследовательских умений старшеклассников, проявляемых при решении нестандартных математических задач.

Необходимо было проверить: 1) владение общими исследовательскими умениями, реализуемыми в процессе решения задач по математике; 2) сформированность специальных исследовательских умений, которые используются в процессе решения алгебраических и геометрических задач.

Материалы и методы исследования

Была разработана диагностическая работа для 10-х классов из семи нестандартных задач, представленных в виде теста. Варианты заданий состояли из двух частей: первая часть включала задания с выбором ответа из предложенных, вторая часть – задания, требующие развернутого решения. Всего заданий было семь. Каждое задание теста посвящено проверке уровня сформированности одного или двух исследовательских умений. Разработанный для диагностики тест был проведен на констатирующем этапе исследования

Для выполнения исследования выбраны следующие методы: 1) теоретические: анализ научных работ по обозначенной теме, систематизация и обобщение результатов решения проблемы формирования исследовательских умений разными авторами; 2) эмпирические – наблюдение, сравнение, описание, количественный и качественный анализ результатов диагностической работы.

Результаты исследования и их обсуждение

Диагностика уровня сформированности исследовательских умений старшеклассников осуществлялась посредством специально разработанного теста, содержащего семь нестандартных задач по алгебре и геометрии. В ходе исследования выделены умения, соответствующие каждой задаче.

В табл. 1 отражено соответствие между предложенными заданиями и конкретными исследовательскими умениями, подлежащими проверке.

Комплекс тестовых заданий обеспечивает проверку оценочных исследовательских умений, включающих: анализ и структурирование учебно-исследовательской деятельности; самооценку и рефлексию процесса познания; осмысление и оценку различных аспектов учебно-исследовательской работы.

Каждая задача теста представляет собой проблемную ситуацию, требующую исследования для ее разрешения. Поэтому в процессе решения школьники должны были продемонстрировать следующие общие исследовательские умения:

– на этапе выдвижения гипотезы: умение проводить серию поисковых действий для генерации рабочих гипотез, умение формулировать предположения на основе анализа условий задачи, умение верификации выдвинутых предположений через дополнительные проверки, включая опровержение с помощью контрпримеров;

– на этапе проверки гипотезы: умение устанавливать логические связи между этапами поиска решения и требованиями задачи, аргументировать каждый вывод, особенно при решении задач 4–7, контролировать соответствие полученного решения исходным условиям.

Кроме этого, задания теста были ориентированы на проверку уровня сформированности у старшеклассников специальных исследовательских умений, которые необходимы для успешного решения нестандартных математических задач. Для интерпретации результатов исследования были выделены три уровня (низкий, средний, высокий), однако следует заметить, что умения, соответствующие тестовым заданиям с выбором ответа, оценивались по двум уровням (низкий, высокий).

Соответствие исследовательских умений и их уровней представлено в табл. 2.

Приведем графическую интерпретацию результатов эксперимента по диагностике сформированности исследовательских умений обучающихся двух 10-х классов.

Результаты решения задач 1–3 представлены на рис. 1.

В процессе решения задач первой части теста проверялась сформированность умений учитывать и соотносить все данные в условии задачи, выяснить их согласованность и противоречивость. Задачи 1–3 оценивались в 1 балл в случае верного ответа и в 0 баллов в случае ошибки.

Таблица 1

Задания теста для оценки уровня сформированности исследовательских умений

№ п/п	Задание теста	Проверяемое умение
1	Выберите из данного списка уравнения, которые являются квадратными вне зависимости от параметра p а) $3x^2 + (p-1)x + 4 = 0$; б) $(p+7)x^2 + 18x - 1 = 0$; в) $(x-5)^2 + (px-4)^2 = 9$; г) $p(p^2+1)x^2 + 2x(5+6p) + 52 = 0$	Умение соотнести математический объект (например, уравнение) с его определением
2	При каких значениях параметра p уравнение $(p+4)x^2 + 6x - 1 = 0$ имеет единственное решение? <u>Варианты ответа:</u> а) -13; б) -4; в) 13; -4; г) -4; -13.	Умение использовать знакомый алгоритм в измененной ситуации

Окончание табл. 1

№ п/п	Задание теста	Проверяемое умение
3	<p>Исследуйте уравнение $kx^2 - x + 3 = 0$ на количество решений в зависимости от параметра k. Укажите решения, если они есть.</p> <p><u>Варианты ответа:</u></p> <p>а) Единственное решение: $k = 0 (x = 3), k = \frac{1}{12} (x = 6)$, нет решений при $k > \frac{1}{12}$, два различных корня: $k < \frac{1}{12}, x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1-12k}}{2k}$.</p> <p>б) Единственное решение: $k = 0 (x = 3), k = \frac{1}{12} (x = -6)$, нет решений при $k > \frac{1}{12}$, два различных корня: $k < \frac{1}{12}, x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1-12k}}{2k}$.</p> <p>в) Единственное решение: $k = 0 (x = 3), k = \frac{1}{12} (x = 6)$, нет решений: $k < \frac{1}{12}$, два различных корня: $k > \frac{1}{12}, x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1-12k}}{2k}$.</p> <p>г) Единственное решение: $k = 0 (x = -3), k = \frac{1}{12} (x = -6)$, нет решений: $k > \frac{1}{12}$, два различных корня: $k < \frac{1}{12}, x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{1-12k}}{2k}$</p>	Умение исследовать задачу с параметром на количество решений
4	При каких значениях параметра a корни уравнения $x^2 + 2(a-2)x - 4a + 5 = 0$ различны и оба больше -1?	Умение находить связи между объектами задачи и определять избыточные условия
5	При каких значениях параметра p уравнение $1 - \frac{3}{x+p-1} = \frac{5p}{(x+p-1)(x+1)}$ имеет единственное решение?	Умение использовать знакомый алгоритм в измененной ситуации; умение провести анализ возможных случаев при решении задачи для получения верного ответа в заданных условиях
6	При каких значениях параметра a уравнение $(a+4x-x^2-1)(a+1- x-2)=0$ имеет 3 различных корня?	Умение находить наиболее рациональный метод решения задачи, то есть заметить необходимость использования графического метода
7	В треугольнике ABC сторона $BC = 8$, высота, проведенная к стороне AC , равна 6,4, а к $BC = 4$. Найдите длины двух других сторон треугольника ABC	Умение выявлять все возможные выводы в соответствии с вопросом задачи; умение анализировать частные и предельные ситуации при решении задачи

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

Таблица 2

Уровни сформированности специальных исследовательских умений

№ п/п	Исследовательское умение	Уровни сформированности исследовательских умений		
		Низкий	Средний	Высокий
1	Умение соотнести математический объект с его определением	Ученик не соотносит математические объекты с их определениями либо делает это ошибочно	–	Ученик соотносит математический объект с определением, преобразует объект к общему виду
2	Умение использовать знакомый алгоритм в измененной ситуации.	Ученик может использовать алгоритм только при решении стандартной задачи	–	Ученик использует известный алгоритм в новых условиях, адаптируя его шаги к построению уникального решения
3	Умение исследовать задачу с параметром на количество решений	Ученик не может провести анализ задачи, так как она содержит дополнительный неизвестный элемент – параметр	–	Ученик рассматривает все возможные случаи решения задачи в зависимости от всех возможных значений параметра
4	Умение находить связи между объектами задачи и определять избыточные условия	Ученик решает задачу «в лоб», придерживаясь стандартного алгоритма. Часто из-за длинных рассуждений допускает ошибку	Ученик может провести анализ связей между объектами в задаче, составить новую математическую модель для решения, но в ней будут либо недостающие, либо избыточные условия	Ученик проводит анализ связей между объектами в задаче, составляет новую математическую модель для решения, убирая все избыточные условия
5	Умение провести анализ возможных случаев при решении задачи для получения верного ответа в заданных условиях	Ученик может применить только стандартный алгоритм решения, не учитывает область существования объектов в задаче	Ученик рассматривает только часть возможных случаев при решении задачи, некоторые из них не соотносит с областью существования объектов	Ученик проводит анализ всех возможных случаев решения задачи, действуя в заданных условиях
6	Умение выявлять все возможные выводы в соответствии с вопросом задачи	Ученик рассматривает только одну, на первый взгляд, очевидную интерпретацию условия задачи	Ученик рассматривает только одну, на первый взгляд, очевидную интерпретацию условия задачи, делает предположение о других возможных интерпретациях условия, но не рассматривает все возможные случаи	Ученик решает задачи, рассматривая все возможные интерпретации условия
7	Умение анализировать частные и предельные ситуации при решении задачи	Ученик рассматривает только один очевидный, стандартный случай решения задачи, не проверяет соответствие полученного решения с начальным условием	Ученик рассматривает несколько или все возможные случаи решения задачи, но не соотносит их с начальным условием задачи, то есть не учитывает пределы существования объектов в задаче	Ученик рассматривает все частные случаи решения задачи, учитывает пределы существования объектов задачи, представленных в начальном условии
8	Умение находить наиболее рациональный метод решения задачи	Ученик может решить задачу, применив только известный стандартный алгоритм	Ученик подбирает другие методы решения задачи, но не может выбрать из них рациональный и часто запутывается в прямом ходе решения задачи	Ученик подбирает различные методы решения задачи и выбирает из них наиболее рациональный, наглядный или лаконичный

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

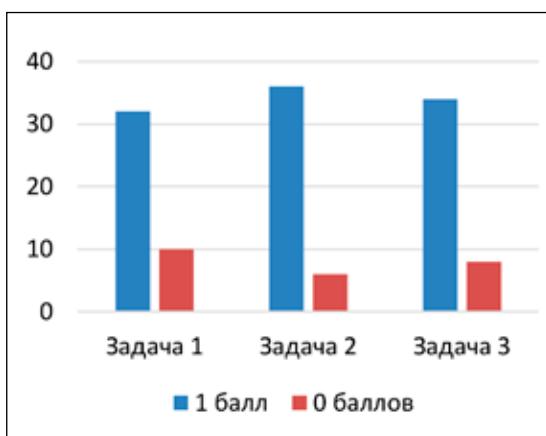


Рис. 1. Диаграмма результатов решения задач 1–3

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Соответствующие исследовательские умения оценивались по двум уровням: низкий и высокий. Результаты по первым трем задачам показывают, что большинство учеников справились с тестовыми заданиями. Последнее говорит о том, что у десятиклассников, участвующих в эксперименте, на высоком уровне развито умение учитывать и соотносить все данные в условии задачи, выяснять их согласованность и противоречивость.

Задания 4–6 проверяли сформированность поисковых исследовательских умений: умение трансформировать контекстное наполнение данной задачи и генерировать новые задачи с сохранением их общей мате-

матической структуры (задача 5 – при переходе к квадратному уравнению, задача 6 – при выборе графического метода решения); умение оценивать полноту и избыточность данных в условии задачи (задача 4 – при поиске необходимых и достаточных условий в системе для решения); умение рассматривать частные и предельные случаи в решении задачи (задача 5). Эти задачи оценивались по критериям, аналогичным критериям задач в ЕГЭ (табл. 3).

Следует отметить оценку уровня сформированности умения находить наиболее рациональный метод решения: средний уровень приводит здесь к получению не более двух баллов при решении данных задач, так как, выбирая прямой путь решения задачи (например, в задаче 6 выбрать алгебраический метод решения), старшеклассники запутываются в шагах исследования и находят минимум одно верное значение параметра, хотя их в задаче может быть несколько. Результаты решения задач 4–6 представлены на рис. 2.

Успешнее всего ученики справились с задачей под номером 6, представив графическую интерпретацию условия. Однако следует отметить, что большинство получило один и более баллов за решение задач 4 и 6. Старшеклассники начали исследование условия правильно, но далее либо допускали вычислительные ошибки, либо делали неправильные логические выводы. В задаче 5 основная ошибка заключалась в том, что они не соотносили полученные корни уравнения с ОДЗ данного уравнения.

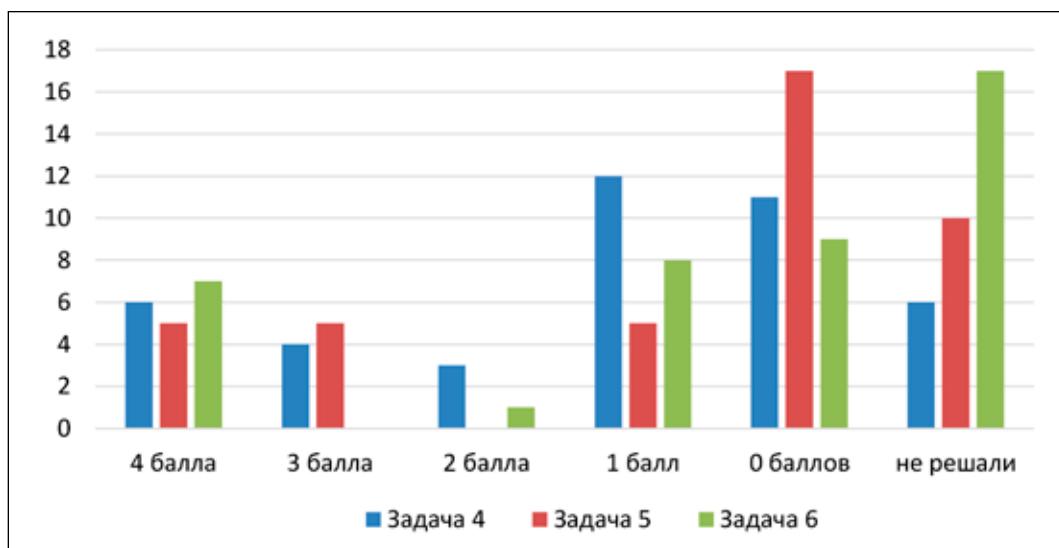


Рис. 2. Диаграмма результатов решения задач 4–6
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 3

Критерии оценки заданий 4–6

№ п/п	Характеристика критерия	Баллы	Уровень сформированности исследовательских умений
1	Обоснованно получен верный ответ	4	Высокий
2	С помощью верного рассуждения получены все верные значения параметра, но в ответ включены также неверные значения или решение недостаточно обосновано	3	Средний
3	С помощью верного рассуждения получено хотя бы одно верное значение параметра	2	Средний
4	Задача правильно сведена к исследованию известной модели, но дальнейшие шаги не выполнены	1	Низкий
5	Задача неправильно сведена к исследованию известной модели	0	Низкий

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

Таблица 4

Критерии оценки геометрической задачи

№ п/п	Характеристика критерия	Баллы	Уровень сформированности исследовательских умений
1	Рассмотрены все возможные случаи решения задачи и получен верный ответ	4	Высокий
2	Не рассмотрен только один случай или допущена одна вычислительная ошибка	3	Средний
3	Рассмотрен только один случай в задаче и получен верный ответ	2	Низкий
4	Рассмотрен один случай в задаче, при верных рассуждениях допущена одна вычислительная ошибка	1	Низкий
5	Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше	0	Низкий

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

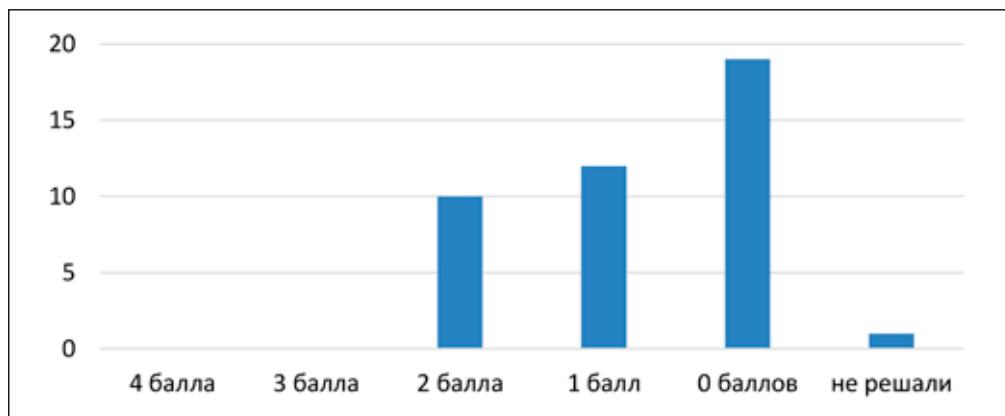


Рис. 3. Диаграмма результатов решения задачи 7
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таким образом, у обучающихся на среднем уровне находится умение видоизменять условие задачи (как, например, в задании 6 при переходе к графической интерпретации), определять избыточные и достаточ-

ные условия в задаче. К низкому уровню относятся умения:

- сохранять общую математическую структуру, представленную в задаче, при переходе к задачам-следствиям;

- устанавливать логические связи между этапами поиска решения задачи;
- рассматривать частные случаи при решении задачи 5 (отбор корней по ОДЗ).

Проверка задачи 7 осуществлялась по критериям, которые отражены в табл. 4.

Результаты решения геометрической задачи 7 представлены на рис. 3.

Из диаграммы видно, что умения выявлять все возможные выводы в соответствии с вопросом задачи и анализировать частные и предельные ситуации при решении многоговариантной геометрической задачи находятся на низком уровне.

При решении данной задачи старшеклассники рассматривали различные виды треугольников: остроугольные, тупоугольные, прямоугольные. Некоторые приходили к правильным выводам, рассматривая остроугольный и тупоугольный треугольники. Однако основная ошибка – несоотнесение полученных результатов с существованием треугольника.

Выводы

Для проверки и оценки сформированности исследовательских умений у старшеклассников возможно и целесообразно использовать нестандартные математические задачи, так как этапы их решения во многом аналогичны этапам исследовательской деятельности. Каждая такая задача представляет собой проблемную ситуацию, требующую исследования для ее разрешения. В ходе проведенного эксперимента в процессе решения нестандартных задач школьники должны были продемонстрировать как общие исследовательские умения, так и специальные исследовательские умения, которые используются в математике. Оценка последних была проведена с опорой на выделенные авторами уровни сформированности специальных исследовательских умений.

Все задачи разработанного для оценки теста проверяли также владение общими исследовательскими умениями. Проанализировав основные ошибки участников эксперимента, можно констатировать, что у учеников 10-го класса на низком уровне сформированы исследовательские умения, которые необходимы на этапе проверки гипотезы, а именно умения сопоставлять полученные результаты с исходными данными задачи, так как, переходя к частным случаям, они выходят «за рамки» области определения искомого объекта. Ученики не проводят рефлексию своих исследовательских действий, не анализируют полученные логические выводы. Такие исследовательские умения необходимы для выполнения исследовательской деятельности

в любой предметной области и в решении нестандартных математических задач.

Для повышения уровня сформированности выделенных исследовательских умений целесообразно использовать в процессе обучения следующие задачи:

1. Уравнения и неравенства, которые решаются с помощью систем равносильности. Такие задачи будут способствовать формированию умения сохранять общую математическую модель, представленную в задаче, при переходе к следствиям, определяя избыточные и достаточные условия.

2. Уравнения, неравенства и их системы, содержащие параметры, для рационального решения которых целесообразно применять графический метод. Подобные задания направлены на овладение умением трансформировать условие математической задачи и обоснованно выбирать рациональный метод решения.

3. Уравнения, неравенства и их системы с отбором корней по области допустимых значений или по заданному промежутку. Такие задачи будут способствовать формированию умения соотносить шаги решения задачи между собой, рассматривать все частные случаи решения, отбирать решения в рамках определенных условий.

4. Геометрические задачи на доказательство. Они будут способствовать овладению исследовательским умением на этапе проверки гипотезы – составлять логические рассуждения в рамках определенных условий.

5. Геометрические задачи на исследования различных вариантов построения чертежа, в частности задачи на построение, на поиск геометрического места точек. Такие задачи требуют проведения исследования условия для разных геометрических моделей. Они способствуют формированию умений делать все возможные выводы в соответствии с вопросом задачи; рассматривать частные и предельные случаи при решении задач.

Проблема формирования исследовательских умений обучающихся является одной из самых актуальных в среднем математическом образовании. Современные стандарты образования и тенденции развития общества требуют от будущего выпускника школы готовности к активной исследовательской деятельности. А содержание, методы и средства обучения математике в современных условиях ориентированы на организацию эффективного процесса овладения исследовательскими умениями. Структура исследовательской деятельности аналогична шагам решения нестандартных математических задач, поэтому формирование исследовательских умений школьников целесообразно ориентировать на обучение

решению нестандартных алгебраических и геометрических задач.

В рамках представленного исследования была разработана методика оценки уровня сформированности исследовательских умений в процессе решения нестандартных математических задач. Она может быть использована учителями не только для диагностики, но и для создания новых вариантов нестандартных математических задач, используемых для формирования специальных и общих исследовательских умений обучающихся.

Список литературы

1. Артемьева В.В., Воронина Л.В., Новоселов С.А., Симонова А.А. Формирование исследовательских компетенций студентов в процессе изучения дисциплин математического цикла // Педагогическое образование в России. 2025. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-issledovatelskikh-kompetentsii-studentov-v-v-protsesse-i-zucheniya-distsiplin-matematicheskogo-tsikla> (дата обращения: 26.11.2025).
2. Капкаева Л.С. Обучение поисково-исследовательской деятельности студентов вуза в процессе изучения математических дисциплин // Гуманитарные науки и образование. 2019. Т. 10. № 4 (40). С. 47–53. URL: https://www.mordgpi.ru/upload/iblock/86b/Tom-10_-4_0ktyabr_dekabr_.pdf (дата обращения: 07.10.2025).
3. Строителева О.Ю., Слабкий Е.С. Развитие компетенции юного исследователя: от дошкольника до обучающегося основной школы // Современные научоемкие технологии. 2024. № 5–1. С. 243–247. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40036> (дата обращения: 27.10.2025). DOI: 10.17513/snt.40036.
4. Стефанова Н.Л. Проблема развития исследовательских умений учащихся с позиций метаметодического подхода // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2002. Т. 2. № 3. С. 167–175. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-razvitiya-issledovatelskikh-umeniy-uchaschihsya-s-pozitsii-metametodicheskogo-podhoda> (дата обращения: 06.10.2025).
5. Далингер В.А. Учебно-исследовательская работа учащихся математических классов, связанная с решением некоторых задач по теории конических сечений // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29660> (дата обращения: 27.10.2025). DOI: 10.17513/snt.29660.
6. Далингер В.А. Учебно-исследовательская деятельность учащихся при изучении математики // Альманах современной науки и образования. 2010. № 11 (Ч. I). С. 36–39. URL: www.gramota.net/materials/1/2010/11-1/10.html (дата обращения: 06.10.2025).
7. Жанбурбаева А.М. Структура учебно-исследовательской деятельности // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 4 (83). С. 234–236. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-uchebno-issledovatelskoy-deyatelnosti> (дата обращения: 07.10.2025).
8. Кириллова Д.А., Белова О.Н. Методические аспекты обучения элементов исследовательской деятельности на уроках математики // Мир науки. Педагогика и психология. 2019. Т. 7. С. 10. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-aspekty-obucheniya-elementam-issledovatelskoy-deyatelnosti-na-urokah-matematiki> (дата обращения: 29.10.2025).
9. Агутина М.В., Аниськина Т.И., Арюкова Е.А. и др. Теоретические и прикладные аспекты естественно-научного и технологического образования: монография / под ред. Е.А. Арюковой. Саранск: РИЦ МГПУ, 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://catalog.inforg.ru/Inet/GetEzineByID/344429> (дата обращения: 07.10.2025). ISBN 978-5-8156-1724-7.
10. Аксенова О.В. Развитие исследовательских умений будущих учителей в процессе обучения математике: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», 2022. 24 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.disscat.com/content/razvitiye-issledovatelskikh-umenii-budushchikh-uchitelei-v-protsesse-obucheniya-matematike> (дата обращения: 07.10.2025).
11. Аксенова О.В., Бодриков В.Ю. Принципы и этапы формирования исследовательских умений студентов при выполнении лабораторных работ по математике // Педагогическое образование в России. 2022. № 4. С. 57–67. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsyipy-i-etapy-formirovaniya-issledovatelskikh-umeniy-studentov-pri-vyполнeniye-laboratornyh-rabot-po-matematike> (дата обращения: 07.10.2025).
12. Аргунова Н.В., Лазарева А.А. Формирование исследовательских умений в курсе внеурочной деятельности обучающихся 10–11 классов // Современные научоемкие технологии. 2023. № 8. С. 108–112. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39739> (дата обращения: 06.10.2025). DOI: 10.17513/snt.39739.
13. Далингер В.А. Обучение учащихся решению квадратных уравнений // Мир науки, культуры, образования. 2023. № 6 (103). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-uchaschihsya-resheniyu-kvadratnyh-uravneniy> (дата обращения: 26.11.2025).
14. Kochetova I.V., Kapkaeva L.S., Khramova N.A., Derbedeneva N.N. Possibilities of using information tech-nologies in teaching mathematics (on the example of a functional-graphic method for solving equations) // Revista on line de Política e Gestão Educacional. Araraquara. 2021. Vol. 25. Is. 6. P. 3585–3595. URL: <https://periodicos.fclar.unesp.br/rpge/article/view/16118/14699> (дата обращения: 27.10.2025). DOI: 10.22633/rpge.v25i6.16118.
15. Боженкова Л.И. Развитие мышления учащихся в обучении геометрии посредством составления задач // Учебный эксперимент в образовании. 2023. № 3 (107). С. 42–58. URL: https://mordgpi.ru/upload/iblock/66f/UEO_3_2023_B5.el.pdf (дата обращения: 27.10.2025). DOI: 10.51609/2079-875X_2023_3_42.
16. Хамов Г.Г., Тимофеева Л.Н. Исследовательские задачи в обучении математике студентов педвузов // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 6 (123). С. 38–45. URL: https://vestnik.yspu.org/releases/2021_6/08.pdf (дата обращения: 29.10.2025). DOI: 10.20323/1813-145X-2021-6-123-38-45.

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 (ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьев») по теме «Научно-методическое сопровождение интеграции предметной и методической подготовки будущих учителей математики».

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 (Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov and Mordovia State Pedagogical University named after M.E. Evseyev) on the topic of “Scientific and methodological support for the integration of subject and methodological training of future mathematics teachers”.

УДК 378.184
 DOI 10.17513/snt.40657

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
 МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ
 СТУДЕНЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО
 НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВУЗА**

Коротков С.Г. ORCID ID 0000-0002-9466-0485, Севастьянова Е.О.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Российская Федерация,
 e-mail: korotkov.s.g@yandex.ru*

Цель исследования – разработать комплекс методических рекомендаций, способствующих формированию проектно-технологического мышления у студентов через их включение в практико-ориентированную деятельность в рамках студенческого конструкторского бюро, базирующегося на инфраструктуре цифровой лаборатории вуза. В настоящее время к выпускникам высшей школы предъявляются высокие требования: помимо специализированных знаний в определенной области конкурентоспособный специалист должен владеть современными инженерными и цифровыми компетенциями. Это обуславливает необходимость поиска новых подходов к формированию проектно-технологического мышления, необходимого для успешного выполнения поставленных задач и реализации всевозможных проектов. В контексте опытно-экспериментального исследования проводилась проверка эффективности формирования компонентов проектно-технологического мышления студентов вуза посредством вовлечения их в деятельность студенческого конструкторского бюро на базе лаборатории 3D-моделирования и прототипирования. Уточнена терминология и компоненты проектно-технологического мышления, представлен опыт и результаты формирования проектно-технологического мышления в рамках практико-ориентированной деятельности в студенческом конструкторском бюро. Разработаны методические рекомендации по формированию проектно-технологического мышления студентов посредством вовлечения в деятельность студенческого конструкторского бюро на базе цифровой лаборатории вуза. Таким образом, вовлечение студентов в практико-ориентированную деятельность в рамках студенческого конструкторского бюро на базе цифровой лаборатории вуза может выступать как средство формирования проектно-технологического мышления студентов.

Ключевые слова: проектно-технологическое мышление, 3D-моделирование, прототипирование, практико-ориентированная подготовка, цифровая лаборатория, студенческое конструкторское бюро

**DEVELOPING STUDENTS' PROJECT-BASED TECHNOLOGICAL
 THINKING WITHIN THE FRAMEWORK OF A STUDENT DESIGN
 BUREAU BASED ON THE UNIVERSITY'S DIGITAL LABORATORY**

Korotkov S.G. ORCID ID 0000-0002-9466-0485, Sevastyanova E.O.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Mari State University”,
 Yoshkar-Ola, Russian Federation, e-mail: korotkov.s.g@yandex.ru*

The purpose of the study is to develop a set of methodological recommendations that contribute to the formation of design and technological thinking among students through their inclusion in practice-oriented activities within the student design bureau, based on the infrastructure of the university's digital laboratory. Currently, high demands are placed on graduates of higher education: in addition to specialized knowledge in a particular field, competitive specialist must possess modern engineering and digital competencies. This necessitates the search for new approaches to the formation of design and technological thinking necessary for the successful fulfillment of tasks and the implementation of various projects. In the context of experimental research, the effectiveness of the formation of components of the design and technological thinking of university students was tested by involving them in the activities of the student design bureau based on the laboratory of 3D modeling and prototyping. The terminology and components of design and technological thinking are clarified, the experience and results of the formation of design and technological thinking in the framework of practice-oriented activities in the student design bureau are presented. Methodological recommendations have been developed for the formation of students' design and technological thinking through involvement in the activities of the student design bureau based on the university's digital laboratory. Thus, the involvement of students in practice-oriented activities within the student design bureau based on the university's digital laboratory can act as a means of shaping students' design and technological thinking.

Keywords: design and technological thinking, 3D modeling, prototyping, practice-oriented activities, digital laboratory, student design bureau

Введение

В настоящее время наблюдается стремительная технологизация всех сфер жизни общества, что обуславливает растущую востребованность инженерных и цифровых

компетенций на рынке труда. Эти факты стимулируют интерес студентов, в том числе обучающихся по гуманитарным и педагогическим направлениям, к освоению цифровых инструментов проектирования,

моделирования и прототипирования. Возникает необходимость воспитания нового поколения специалистов, сочетающих техническую грамотность с креативным мышлением и проектной культурой, то есть обладающих проектно-технологическим мышлением. В условиях цифровизации образования остро встает вопрос о необходимости разработки инновационных методов проектно-технологического мышления у обучающихся вузов. Традиционно такая работа ведется по двум направлениям: в рамках учебного процесса – через освоение профильных дисциплин; во внеучебное время – при вовлечении студентов в научные кружки, профильные конкурсы и иные формы активности.

Проведенный анализ научной литературы свидетельствует, что имеющиеся исследования затрагивают ключевые аспекты данной проблематики: структурные компоненты проектно-технологического мышления и специфику формирования в урочной и внеурочной деятельности [1, 2]. Однако в настоящее время многие вопросы формирования проектно-технологического мышления, внедрения инновационных образовательных технологий и подходов к организации практико-ориентированной подготовки во внеучебной деятельности студентов высшей школы остаются малоизученными.

Цель исследования – разработать комплекс методических рекомендаций, способствующих формированию проектно-технологического мышления у студентов через их включение в практико-ориентированную деятельность в рамках студенческого конструкторского бюро, базирующегося на инфраструктуре цифровой лаборатории вуза.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования применялся комплекс взаимодополняющих методов.

Теоретические: анализ научных статей и монографий по проблеме исследования; изучение методических рекомендаций, специализированных источников, раскрывающих ключевые аспекты темы.

Эмпирические: анализ опубликованного педагогического опыта, релевантного исследуемой проблематике; наблюдение за учебно-проектной деятельностью студентов; диагностика уровня сформированности проектно-технологического мышления посредством тестирования, анкетирования и опросов; экспертная оценка итоговых продуктов студенческой работы.

Экспериментальная работа по формированию проектно-технологического мышления студентов проводилась в рамках деятельности студенческого конструкторского

бюро «Технопарк-Профи» на базе цифровой лаборатории 3D-моделирования и прототипирования ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». В ходе опытно-экспериментальной работы оценивалась результативность формирования компонентов проектно-технологического мышления студентов посредством практико-ориентированной деятельности в рамках студенческого конструкторского бюро на базе цифровой лаборатории 3D-моделирования и прототипирования. В исследовании были задействованы студенты, обучающиеся по программе «Дизайн и декоративно-прикладное искусство»: экспериментальная группа (ЭГ) (12 чел.) и контрольная группа (КГ) (12 чел.). Анализ сформированности показателей проектно-технологического мышления групп, участвующих в эксперименте, проводился по итогам изучения дисциплин по 3D-моделированию и проектной деятельности (урочная деятельность). В экспериментальной группе в дополнение к определению положенное в гипотезу предположение – участие студентов в работе студенческого конструкторского бюро на базе цифровой лаборатории 3D-моделирования и прототипирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Ключевыми составляющими термина «проектно-технологическое мышление» являются «проектное мышление» и «технологическое мышление». Под проектным мышлением Д.А. Горбачева понимает способность личности к творческому (креативному), системному, аналитическому мышлению, которая помогает нестандартно решать сложные задачи и достигать поставленных целей на основании синтеза информации через организацию и управление проектными процессами на основе прогнозирования последствий принимаемых решений [3]. Ю.Л. Хотунцев, П.А. Якушкин, А.Ж. Насипов в своих трудах описывают технологическое мышление как способ мышления, при котором целостно воспринимается, осмысливается и осознается целенаправленный процесс сбора, анализа и преобразования информации для оптимального решения технологических задач [4]. Проектно-технологическое мышление подразумевает синтез проектного подхода и технологической компетентности. Под данным термином понимается процесс психологической активности и обработки получаемой информации, который позволяет реализовывать различную технологическую и проектную деятельность с применением различного

типа характеристик личности и возможностей применения современных технологических решений [5]. По мнению Ю.А. Судника, В.П. Овочкина, Я.В. Чуб, проектно-технологическое мышление подразумевает под собой способность личности к познанию посредством построения логических связей и поиска оптимальных средств для решения проектно-ориентированных задач [1]. Данный тип мышления характеризуется особенной ориентацией на конкретный результат и полный цикл реализации этапов проектной деятельности, интеграцией междисциплинарных знаний, умений и навыков из ряда различных областей, учетом внешних признаков и окружающей действительности, установкой на инновационные решения и действия для достижения цели [2]. Проектно-технологическое мышление – мыслительная способность человека использовать оптимальные средства преобразования материи, энергии и информации в нужный для него продукт [6]. В рамках данного исследования под проектно-технологическим мышлением авторы понимают вид мыслительной деятельности, направленный на проектирование, моделирование и реализацию технических объектов в условиях ограниченных ресурсов и заданных требований. Ключевые характеристики: системное видение проблемы, способность к технологическому проектированию, владение цифровыми инструментами моделирования, умение управлять жизненным циклом проекта.

Проектно-технологическое мышление отличается от других видов мышления наличием ряда компонентов, составляющих сущностную характеристику данного термина.

1. Проектный компонент. Отвечает за реализацию, восприятие поставленной задачи в проектном контексте, то есть требует четкого определения цели, задач, этапов, сроков исполнения [7]. Позволяет обеспечить трансформацию проблемной ситуации в конкретную формулировку задания. Включает знания о технологических процессах, стандартах проектирования, цифровых инструментах (CAD/CAM, 3D печать, лазерная резка и др.).

2. Технологический компонент. Данный компонент отвечает за способность упорядоченного и рационального преобразования действительности, помимо активизации мыслительных операций. Включает умения формулировать ТЗ, разрабатывать эскизы и 3D-модели, проводить расчеты, тестировать прототипы. Компонент непосредственно связан с выполнением технологических и конструкторских задач.

3. Креативно-конструкторский компонент. Подразумевает способность находить новые творческие, неочевидные и ранее не предполагаемые решения и в дальнейшем находить пути воплощения их в действительность [8]. Подразумевает готовность к генерации нестандартных идей, применению междисциплинарных подходов.

4. Коммуникативно-кооперативный компонент. Включает навыки командной работы, презентации проекта, взаимодействия с заказчиками.

5. Рефлексивно-оценочный компонент. Данный компонент позволяет осознавать мотивы для совершения действий и достижения результата, анализировать собственную деятельность, в том числе проектно-ориентированную, понимать значимость воспроизводимых действий, анализировать ошибки.

В качестве ключевого механизма формирования проектно-технологических умений в исследовании авторы выделяют интегративную среду, в качестве которой выступает студенческое конструкторское бюро (далее СКБ) – целенаправленная, структурированная деятельность студентов в рамках лаборатории вуза по реализации различных разработок и проектов в научной и технической сфере. Студенческие конструкторские бюро представляют собой организации, в которых студенты университетов могут заниматься проектированием, разработкой, тестированием и наладкой инновационных технологий и продуктов [9]. Студенческое конструкторское бюро выступает кадровым резервом будущих специалистов в творческих, инженерных, промышленных и технических сферах жизни [10]. В отличие от традиционных форм деятельности в рамках дисциплин, где алгоритм действий для достижения результата заранее известен, работа в студенческом конструкторском бюро погружает студентов в творческую деятельность, наиболее похожую на реальные условия производства. Формирование технологического мышления осуществляется с учетом вовлечения студентов в проектно-конструкторскую и дизайнерскую деятельность по созданию изделий, имеющих реальную личностную и общественную значимость [11].

Например, анализ поставленной задачи и постановка технического задания, поисковая работа, разработка эскизов и 3D-моделей, создание прототипов, сборка, тестирование и испытание, работа над ошибками, защита созданного проекта [12] – все это предполагает постановку не абстрактных, а конкретных заданий с реально существующими условиями. Обяза-

тельным условием деятельности СКБ выступает наличие наставников, которыми могут выступать преподаватели и специалисты из предполагаемой сферы деятельности [13].

В рамках исследования эффективности формирования проектно-технологического мышления посредством вовлечения студентов в работу в студенческом конструкторском бюро авторы опирались на систему оценки сформированности компонентов проектно-технологического мышления на основе трех уровней: низкий, средний, высокий (табл. 1) [14].

Низкий – фрагментарные знания, неспособность к самостоятельной реализации проекта. Средний – умение выполнять от-

дельные этапы проекта под руководством наставника. Высокий – способность к автономному проектированию, оптимизации решений, презентации результатов.

Для определения уровня сформированности проектно-технологического мышления испытуемых был применен метод экспертной оценки. Экспертами выступили преподаватели по дисциплинам: 3D-моделирование, прототипирование и макетирование; инженерная графика; проектная деятельность. Оценка сформированности проектно-технологического мышления на констатирующем этапе показала, что участники контрольной и экспериментальной групп преимущественно находятся на низком и среднем уровнях (табл. 2).

Таблица 1

Система оценки сформированности проектно-технологического мышления

Показатели	Уровни и баллы		
	Низкий	Средний	Высокий
<i>Сформированность проектного компонента</i>			
Знания о технологических процессах, стандартах, инструментах проектирования	0	1	2
Способность к коммуникации с участниками процесса решения проектных задач	0	1	2
Способность к четкому целеполаганию, постановке задач и этапов в процессе проектно-ориентированной деятельности	0	1	2
<i>Сформированность технологического компонента</i>			
Умения формулировать ТЗ, разрабатывать эскизы и 3D-модели, проводить расчеты, тестировать прототипы	0	1	2
Способность к прогнозированию будущих результатов работы на этапе проектирования и моделирования	0	1	2
Способность к выбору оптимальных средств и решений для достижения конкретного результата проекта	0	1	2
<i>Сформированность креативно-конструкторского компонента</i>			
Умение формулировать и представлять нестандартные проектные решения	0	1	2
Способность к применению междисциплинарного подхода в решении поставленных проектных задач	0	1	2
Способность к построению мысленных образов и их представлению	0	1	2
<i>Коммуникативно-кооперативный компонент</i>			
Умение ведения дискуссий и согласования решений	0	1	2
Способность взаимодействия с заказчиками/экспертами	0	1	2
Ясность и убедительность презентации	0	1	2
<i>Рефлексивно-оценочный компонент</i>			
Способность осознавать мотивы для совершения действий для достижения результата	0	1	2
Способность выявлять ошибки в проекте, предлагать варианты доработки	0	1	2
Способность аргументированно обосновывать выбор методов проектирования и инструментов	0	1	2

Таблица 2

Уровень сформированности проектно-технологического мышления
на констатирующем этапе

	Уровень сформированности компонентов проектно-технологического мышления		
	Низкий	Средний	Высокий
Контрольная группа	5	5	2
Экспериментальная группа	6	5	1

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

Таблица 3

Уровень сформированности проектно-технологического мышления
на формирующем этапе

	Уровень сформированности компонентов проектно-технологического мышления		
	Низкий	Средний	Высокий
Контрольная группа	2	7	3
Экспериментальная группа	1	6	5

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

В течение семестра студенты КГ и ЭГ посещали занятия по дисциплине «Основы 3D-моделирования, прототипирования и макетирования», в рамках которой изучали виды 3D-моделирования, особенности построения моделей в программном обеспечении «Blender 3D».

Студенты ЭГ помимо посещения обязательных занятий по дисциплине были задействованы в работе студенческого конструкторского бюро на базе лаборатории 3D-моделирования и прототипирования. В рамках внеурочной деятельности в СКБ студенты углубленно изучали программы векторной графики и 3D-моделирования, современные технологии аддитивного производства, проводили опытно-конструкторскую работу, которая включала создание чертежей, 3D-моделей в специализированном программном обеспечении, производили расчеты, оформляли паспорта изделий, оформляли заявки для участия в грантах и конкурсах, разрабатывали стартапы, организовывали выставки и мастер-классы.

За отчетный период работы в СКБ студенты разработали и защищили несколько проектов, предполагающих полный цикл моделирования, от задумки до конечного физического воплощения с предоставлением обязательной документации для промежуточного отчета по проделанной работе.

Результаты формирующего этапа исследования показали, что участники ЭГ, во-

влеченные в деятельность СКБ, значительно повысили уровень сформированности компонентов проектно-технологического мышления, что подтверждает гипотезу исследования об эффективности формирования компонентов проектно-технологического мышления при вовлечении студентов в практико-ориентированную деятельность в рамках студенческого конструкторского бюро (табл. 3).

Результатом исследования стали разработанные методические рекомендации по формированию проектно-технологического мышления студентов посредством вовлечения в деятельность студенческого конструкторского бюро:

1. Погружение в полный жизненный цикл проекта: анализ задачи, ТЗ, эскизирование, 3D-моделирование, прототипирование, тестирование, доработка, защита.

2. Работа с цифровыми технологиями: освоение специализированных программ CAD/CAM систем (Компас 3D, Blender 3D, Inkscape); работа в слайсере и управляющих программах станков с числовым программным управлением; 3D-печать и постобработка изделий.

3. Междисциплинарность: интеграция знаний из области 3D-дизайна, материаловедения, проектной деятельности, технологического практикума, программирования.

4. Организация наставничества: сопровождение студенческих проектов преподавателями [15].

5. Практико-ориентированная проектная деятельность: моделирование и прототипирование изделий (сувенирная продукция для конференций, конкурсов, учебные модели); участие в конкурсах и грантах; разработка стартапов в рамках выпускных квалификационных работ.

Заключение

Вовлечение студентов в проектно-ориентированную деятельность на базе студенческого конструкторского бюро в цифровой лаборатории вуза способствует формированию и развитию проектно-технологического мышления, создавая прочную методологическую основу для успешного профессионального становления будущих специалистов, подготавливая их для работы в высокотехнологичных отраслях экономики.

Список литературы

1. Овчекин В.П., Чуб Я.В. Технологическое мышление специалиста: структура и условия формирования в вузе // Педагогическое образование. 2009. № 3. С. 137–143. EDN: KWUSTF.
2. Кутепов С.Н., Сергеев А.Н., Клементьев Д.С., Цой Е.В., Чирков К.В., Самойлова Т.А., Воронкова В.С., Чубисова Е.И., Хренова Е.Г., Масленников Н.Н., Масленникова Е.А. Современные технологии компьютерной графики как средство развития проектно-технологического мышления будущего учителя технологии // Технолого-экономическое образование: достижения, инновации, перспективы: материалы XX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Тула, 14–15 марта 2023 г.). Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2023. С. 49–53. EDN: YOKFAP.
3. Горбачева Д.А., Кузнецова А.С. Проектное мышление в процессе профессиональной подготовки студентов в вузе // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2024. № 3. С. 19–23. EDN: BLMNIE.
4. Хотунцев Ю.Л., Якушкин П.А., Насипов А.Ж. Системное технологическое мышление и технологическая культура человека // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2012. Т. 1. № 1–1 (7). С. 9–14. EDN: TFCRDX.
5. Машуков Я.М. Разработка модели диагностики проектно-технологического мышления у обучающихся средней школы по предмету труд (технология) в модуле «Робототехника и автоматизированные системы» // Открытое образование. 2025. Т. 29. № 1. С. 15–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modeli-diagnostiki-proektno-tehnologicheskogo-myshleniya-u-obuchayuschihsya-sredney-shkoly-po-predmetu-trud-tehnologiya/viewer> (дата обращения: 12.11.2025).
6. Казакова А.В., Савельева Н.В., Давыдова Т.Ю. Модель формирования проектно-технологического мышления у будущих учителей технологии при изучении дисциплины «Дизайн и рекламные технологии» // Университет XXI века: научное измерение: материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов и магистрантов ТГПУ им. Л.Н. Толстого (г. Тула, 13–29 июня 2018 г.). Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2018. С. 113–116. EDN: YPYPQL.
7. Березкина А.А., Малий Д.В. Факторы формирования проектно-технологического мышления будущего учителя труда (технологий) средствами цифровой визуализации // Вестник науки. 2025. Т. 3. № 5 (86). С. 773–777. EDN: AWYWFD.
8. Ильевич Т.П., Никитовская Г.В., Поронок С.А. Теоретические аспекты и модели формирования проектно-технологической компетентности будущего педагога // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32067> (дата обращения: 06.11.2025). DOI: 10.17513/sprno.32067. EDN: PMTRE.
9. Акентьев А.С., Федорова Л.А. Анализ механизмов интеграции образования, науки и производства // Управленческий учет. 2024. № 3. С. 247–252. EDN: SNJLFM.
10. Гусева М.С. Особенности развития студенческих конструкторских бюро в системе высшего образования в современных условиях // Российская наука: актуальные исследования и разработки: сборник научных статей XIX Всероссийской научно-практической конференции (г. Самара, 28 марта 2025 г.). Самара: Самарский государственный экономический университет, 2025. С. 663–667. EDN: LFYXFM.
11. Казакова А.В., Медведев П.Н. Формирование проектно-технологического мышления будущих учителей технологии в процессе изучения дизайна и рекламных технологий // Технолого-экономическое образование: достижения, инновации, перспективы: межвузовский сборник статей XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Тула, 14–17 февраля 2017 г.). Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2017. С. 115–118. EDN: ZFXOHZ.
12. Коротков С.Г., Севастьянова Е.О. Формирование технического мышления обучающихся посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию в цифровой лаборатории вуза // Современные научноемкие технологии. 2025. № 2. С. 117–122. DOI: 10.17513/snt.40313. EDN: PPLJK.
13. Симонова Е.С., Кожухова Н.Ю. Студенческое конструкторское бюро как современная образовательная технология // Мир человека: материалы ежегодной конференции (г. Красноярск, 22–24 апреля 2021 г.) / Под общ. ред. В.В. Игнатовой. Вып. 1 (49). Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. С. 266–268. EDN: TKLJIR.
14. Коротков С.Г., Крылов Д.А., Ахметов Л.Г. Лаборатория 3D-моделирования и прототипирования как средство практико-ориентированной подготовки будущих учителей технологии // Вестник Марийского государственного университета. 2023. Т. 17. № 4. С. 486–495. DOI: 10.30914/2072-6783-2023-17-4-486-495.
15. Коротков С.Г., Ахметов Л.Г. Студенческое конструкторское бюро как форма организации научно-технического творчества студентов // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 13. № 1 (33). С. 11–16. DOI: 10.30914/2072-6783-2019-13-1-11-16. EDN: RVYYXX.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 378.1
DOI 10.17513/snt.40658

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ГОТОВНОСТЬ СТУДЕНТОВ ВУЗА К ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ СЛУЖЕНИЮ

Лежнева Н.В. ORCID ID 0009-0002-3712-8967,
Осипенко С.А., Нужнова С.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет», Троицкий филиал, Троицк, Российская Федерация,
e-mail: Legneva_nv@mail.ru*

В статье описывается экспериментальное исследование, целью которого является определение как общего уровня психологической готовности студентов вуза к профессиональному служению, так и ее компонентов. Во введении авторы обосновывают важность такой подготовки студентов; раскрывают сущность понятия «служение» как деятельности, способствующей позитивному развитию общества, в ходе которой человек максимально реализует свой потенциал, проявляя сверхдолжные усилия и высокую социально-профессиональную ответственность за методы ее выполнения и конечный результат. При этом акцентируется внимание на решение социальных (общественно значимых) задач в ходе трудовой деятельности, реализуемой с полной самоотдачей. Исходя из этого, ключевое понятие рассматривается в статье как качество личности, обеспечивающее устойчивую направленность профессиональной деятельности на ответственное решение социально значимых задач при максимальной реализации своего потенциала. В структуру рассматриваемого конструкта авторы включают установочный компонент (профессиональная мотивация, мотивация достижения успеха, мотивы профессиональной деятельности); когнитивный компонент (интеллектуальное развитие, сформированность знаний о профессии, представление об условиях будущей деятельности, представление о содержании и значении профессиональной подготовки); конативный компонент (коммуникативные способности, самооценка, эмоциональная стабильность, саморегуляция деятельности, морально-этическая ответственность). Анализ полученных в ходе экспериментального исследования результатов по уровню сформированности психологической готовности студентов вуза к профессиональному служению позволил авторам выявить проблемы в подготовке будущих специалистов и наметить пути их преодоления.

Ключевые слова: профессиональное служение, психологическая готовность к профессиональному служению, студенты вуза

PSYCHOLOGICAL PREPAREDNESS OF UNIVERSITY STUDENTS FOR PROFESSIONAL SERVICE

Lezhneva N.B. ORCID ID 0009-0002-3712-8967,
Osipenko S.A., Nuzhnova S.V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Chelyabinsk State University”, Troitsk branch Troitsk, Russian Federation,
e-mail: Legneva_nv@mail.ru*

The article describes an experimental study, the purpose of which is to determine both the general level of psychological readiness of university students for professional service and its components.. In the introduction, the authors justify the importance of such training of students; reveal the essence of the concept *Service* as an activity that contributes to the positive development of society, in the course of which a person maximizes his potential, showing excessive efforts and high social and professional responsibility for the methods of its implementation and the final result. At the same time, attention is paid to the solution of social (socially significant) tasks in the course of labor activity, implemented with full dedication. Proceeding from this, the key concept is considered in the article as a quality of personality, ensuring a stable focus of professional activity on the responsible solution of socially significant tasks with the maximum realization of its potential... In the structure of the structure under consideration, the authors include *Installation* component (professional motivation, motivation to achieve success, motives of professional activity); *cognitively* component (intellectual development, formation of knowledge about the profession, an idea of the conditions of future activity, an idea of the content and significance of professional training); *Conative* component (communicative abilities, self-esteem, emotional stability, self-regulation of activities, moral and ethical responsibility). Analysis of the results obtained during the experimental study on the level of formation of psychological readiness of university students for professional service allowed the authors to identify problems in the training of future specialists and outline ways to overcome them.

Keywords: professional service, psychological readiness for professional service, university students

Введение

«Профессиональное служение», как правило, связывают со специфической деятельностью: это труд военных, спасателей, врачей и т. п. Однако это понятие имеет

более широкое применение и может быть отнесено практически к любой сфере. Результативность любого труда (вполне обоснованно) определяется уровнем сформированности необходимых компетенций.

Но при прочих равных условиях между «готовностью к выполнению деятельности» (а именно так определяются компетенции) и реальной ее продуктивностью часто наблюдается большой разрыв. Это можно объяснить различным отношением человека к делу, наличием (или отсутствием) нравственных оснований труда, его осмысленностью. Имея одинаковый опыт и уровень подготовки, только тот специалист, который осознает значимость своей работы и социальную ответственность, рассматривает профессию как призвание, способен к самореализации. Самореализация, как высшая ступень самоопределения, делает жизнь человека плодотворной, насыщенной событиями, позитивно окрашенной; именно в этом случае говорят о «профессиональном служении». Не случайно в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» указывается на необходимость всестороннего содействия самоопределению и самореализации личности [1].

В последнее время проблеме «служения» или «обучения служению» посвящается достаточно много работ. В большинстве из них рассматриваются философские и психолого-педагогические основания указанного подхода, предпринимается попытка его концептуализации, проводится анализ зарубежного опыта в рассматриваемой области [2–4]. Однако крайне редко в рассмотренных статьях определяются критерии сформированности рассматриваемого параметра или приводятся конкретные результаты исследований.

Среди исследований по обозначенной проблеме [4–6] прежде всего следует отметить исследование Ю.В. Калегиной [6]. Рассмотрение «служения» как цели и как результата образовательного процесса в вузе позволило автору разработать методологические основания достижения психологической готовности к профессиональному служению (ПГкПС).

В работах Р.А. Заякиной также предложен вариант методологического основания организации образовательного процесса, ориентированного на формирование ПГкПС [7], однако наиболее ценным являются выявленные и обоснованные Р.А. Заякиной трудности, которые с большей долей вероятности могут подстерегать выпускников вузов на пути профессионального служения, ею рассмотрены возможности их преодоления. Работы Ю.В. Калегиной и Р.А. Заякиной позволили авторам статьи обосновать структуру ПГкПС.

Уточним понятийное поле исследования, представленного в статье.

В научной литературе встречаются различные трактовки понятия «служение»: как деятельности, как отношения к деятельности, как особенности личности и др.

В исследовании рассматривается данное понятие как *деятельность, способствующая позитивному развитию общества, в ходе выполнения которой человек максимально реализует свой потенциал, проявляя сверхдолжные усилия и высокую социально-профессиональную ответственность за методы ее выполнения и конечный результат.*

При этом авторы акцентируют внимание на решении социальных (общественно значимых) задач, реализуемых с полной самоотдачей.

Опираясь на трактовку понятия «психологическая готовность», представленную в предыдущих работах авторов [8], определим, что ПГкПС в статье выступает как *качество личности, обеспечивающее устойчивую направленность профессиональной деятельности на ответственное решение социально значимых задач при максимальной реализации своего потенциала.*

Интегративность и сложность исследуемого качества предполагают выделение его структуры [8, с. 84]. При этом, рассматривая подготовку студентов в вузе, авторы вводят следующие ограничения: учет специфики различных специальностей и направлений подготовки заставляет определить общий для всех обучающихся компонент готовности, а именно ПГкПС; учет некоторой отдаленности по времени реальной трудовой деятельности, то есть потенциал личности в рассматриваемой области будет реализован при возникновении определенных условий, поэтому «мотивационный компонент» целесообразно назвать «установочным», а «деятельностный» – «конативным».

С учетом сказанного выше установочный компонент включал: профессиональную мотивацию, мотивацию достижения успеха, мотивы профессиональной деятельности; когнитивный компонент – интеллектуальное развитие, сформированность знаний о профессии, представление об условиях будущей профессиональной деятельности, представление о содержании и значении профессиональной подготовки; конативный компонент – коммуникативные способности, самооценку, эмоциональную стабильность, саморегуляцию деятельности, морально-этическую ответственность.

Определение понятийного поля исследования и выделение структуры ПГкПС позволило авторам определить цель исследования.

Цель исследования – определить экспериментальным путем уровень ПГкПС.

Материалы и методы исследования

Эксперимент по определению уровня ПГкПС проходил в Троицком филиале Челябинского государственного университета с 2023 по 2025 г. В нем участвовало 295 чел.: 169 студентов вуза очной и заочной форм обучения математических, правовых и психолого-педагогических направлений подготовки и специальностей, а также (для сравнения) 126 студентов колледжа.

При проведении исследования использовались методики, приведенные ниже.

Установочный компонент – профессиональная мотивация [9, с. 433–434], мотивация достижения успеха [10, с. 95–96], мотивы профессиональной деятельности¹.

Когнитивный компонент – интеллектуальное развитие [11], сформированность знаний о профессии. Такие параметры, как «представление об условиях будущей деятельности», «представление о содержании и значении профессиональной подготовки», оценивались по авторскому опроснику, составленному на основе работ А.П. Чернявской [12], Н.А. Каниной, Е.В. Григорьевой, Н.Р. Хакимовой и др. [13]. Он включал в себя следующие вопросы: «Какова цель Вашей будущей профессиональной деятельности?»; «Какие обязанности Вы будете выполнять в вашей профессиональной деятельности?»; «Какую должность Вы хотели бы занять после окончания образовательного учреждения, почему именно эту?»; «Где бы Вы хотели работать? Ответ обоснуйте»; «В чем Вы видите пользу Вашей работы?»; «Какие важные качества для Вашей профессии Вы могли бы назвать? Ответ обоснуйте». Оценка ответов проводилась по методике, представленной в работе Н.А. Каниной, Е.В. Григорьевой, Н.Р. Хакимовой и др. [13, с. 32–45].

Конативный компонент – самооценка и эмоциональная стабильность [11], коммуникативные способности [14, с. 412–417], саморегуляция деятельности [15, с. 54–59]. Наиболее значимой характеристикой, по мнению авторов, является «морально-этическая ответственность»², которая также включена в конативный компонент.

При тестировании обучающихся использовалась модульная объектно-ориенти-

рованная динамическая обучающая среда Moodle, позволяющая существенно снизить затраты времени на проведение исследования и автоматизировать процесс обработки полученных результатов.

После проведения тестирования экспертизная комиссия, состоящая из семи преподавателей и кураторов групп, оценивала уровень сформированности каждого из компонентов и общий уровень ПГкПС. Выделялись уровни: высокий (8–10 баллов), средний (5–7 баллов), низкий (ниже 5 баллов). При оценке уровня сформированности ПГкПС эксперты руководствовались данными, полученными в ходе проведения тестирования и результатами своих наблюдений. Для повышения объективности оценки членам комиссии была предоставлена инструкция, содержащая информацию о том, какие знания, умения, компетенции должен демонстрировать обучающийся на каждом из уровней. При статистической обработке данных использовался *t*-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице и на рисунке представлены результаты проведенного исследования среди студентов различных специальностей и направлений подготовки в вузе (очной и заочной форм обучения), а для сравнения – результаты исследования среди студентов колледжа. Эксперты оценивали по 10-балльной шкале как сформированность каждого из компонентов (установочного, когнитивного и конативного), так и общий уровень готовности к профессиональному служению. Учитывались полученные показатели по тестам, указанным выше, и результаты наблюдения преподавателей и кураторов, полученные в ходе проведения занятий и воспитательных мероприятий.

Как было сказано выше, на уровень выраженности установочного компонента повлияли такие параметры, как мотивы профессиональной деятельности. В первую очередь оценивались: «ориентация на дело», «ориентация на другого», профессиональная мотивация и мотивация достижения успеха. К сожалению, подавляющее количество студентов продемонстрировало достаточно низкую ориентацию «на дело» и профессиональную мотивацию (низкий или чуть выше низкого уровня). Исключение составили лишь студенты заочной формы обучения, однако значимость отличий не была подтверждена в ходе статистической обработки данных по *t*-критерию Стьюдента.

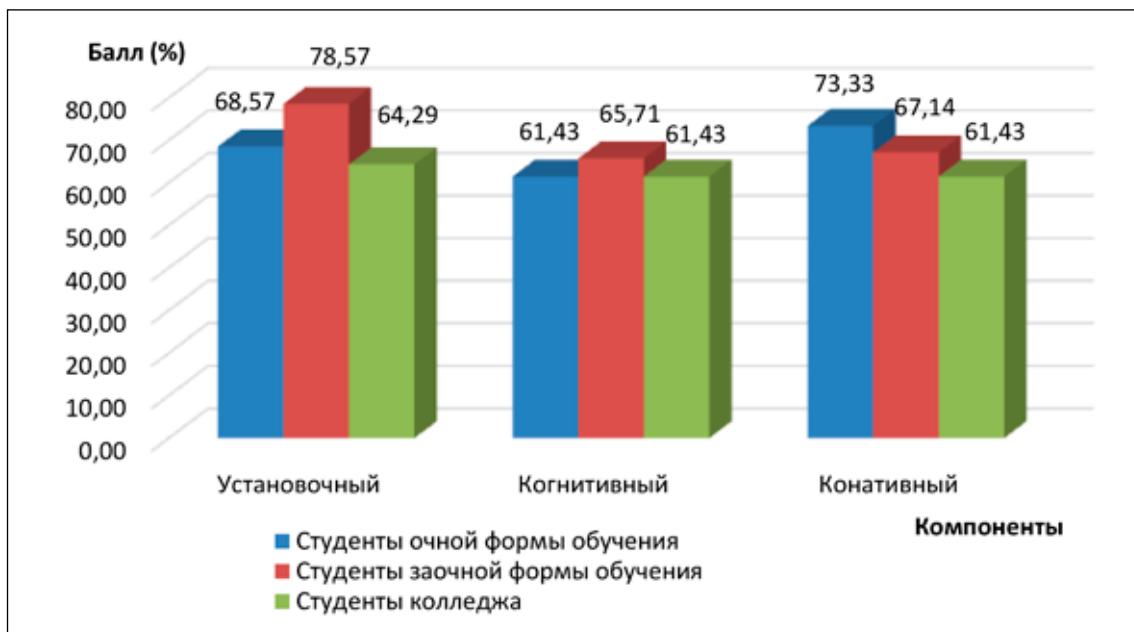
¹ Резапкина Г.В. Методика «Я – Другой, Карьера – Дело» [Электронный ресурс]. URL: http://metodkabi.net.ru/index.php?id=diagn_1#met2 (дата обращения: 14.11.2025).

² Тимошук И.Г. Методика «Диагностика уровня морально-этической ответственности личности (ДУМЭОЛП)» [Электронный ресурс]. URL: <https://cpd-program.ru/methods/dum.htm> (дата обращения: 14.11.2025).

Результаты эксперимента по исследованию готовности студентов к профессиональному служению (в % от максимально возможного балла)

Студенты	Компоненты готовности к профессиональному служению			Общий уровень
	Установочный	Когнитивный	Конативный	
Студенты математических и информационных направлений подготовки	67,14	67,14	77,14	70,48
Студенты юридических специальностей вуза	68,57	52,86	70,00	63,81
Студенты психолого-педагогических направлений подготовки	70,00	64,29	72,86	69,05
Студенты заочной формы обучения	78,57	65,71	67,14	70,48
Студенты колледжа	64,29	61,43	61,43	62,38

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



Уровень развития готовности к профессиональному служению
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Выраженность ориентации на «дело» у респондентов была зафиксирована на среднем уровне и составила 50–58 % от максимально возможного балла. Мотивация достижения у студентов очной и заочной форм достигала уровня «выше среднего», что было значимо выше (по t-критерию Стьюдента), чем у студентов колледжа.

Если рассматривать сформированность установочного компонента в гендерном аспекте, то можно выделить значимые отличия (по t-критерию Стьюдента) между юношами и девушками по таким параметрам, как ориентация «на другого» (у студентов-юношей математических и информационных направлений подготовки, а также у студентов-юношей заочной формы обучения

этот параметр был выше, чем у девушек, на 14,14 и 21,06 % соответственно).

Среди студентов психолого-педагогических направлений подготовки лидировали девушки, их преобладание составило 15,50 %. По показателю «ориентация на дело» юноши по сравнению с девушками показали значительно более высокие результаты (на 11,00 %) у студентов юридических специальностей вуза и более низкие результаты у студентов психолого-педагогического направления (на 18,25 %).

Исследуя сформированность когнитивного компонента у разных групп студентов, авторы выявили, что осведомленность о профессии ожидаемо увеличивается в процессе обучения у студентов очной фор-

мы обучения и остается практически неизменной у студентов-заочников. У студентов колледжа график изменения осведомленности показывает, что высокие результаты, демонстрируемые на первом курсе, значимо (по t -критерию Стьюдента) снижаются к середине обучения и увеличиваются только на старших курсах, что свидетельствует о недостаточно продуктивной работе в данном направлении.

Наибольший интерес в плане оценки уровня сформированности готовности к профессиональному служению играет когнитивный компонент. Уровень развития таких параметров, как коммуникативные способности, самооценка, саморегуляция деятельности и эмоциональная стабильность, находится у студентов очной формы обучения на среднем уровне и колеблется в зависимости от курса обучения и гендерной принадлежности от 48 до 58 %; у студентов заочной формы обучения он несколько выше, хотя значимых отличий по t -критерию Стьюдента обнаружено не было.

Показатель «морально-этическая ответственность» включал следующие компоненты: «рефлексия над морально-этическими ситуациями», «интуиция в морально-этической сфере», «экзистенциальная ответственность», «альtruистические эмоции», «морально-этические ценности». Подавляющее большинство студентов очной формы обучения продемонстрировало средний уровень сформированности большинства компонентов, однако указанные показатели были ближе к верхней границе диапазона (средний балл 56–60 % от максимально возможного уровня). Этот же показатель у студентов-заочников и обучающихся в колледже был значительно ниже и составил около 50 %. Позитивные изменения за весь период обучения у студентов психолого-педагогических и математических направлений подготовки составили 7–9 %, но статистическая обработка данных по t -критерию Стьюдента не подтвердила значимость изменений. У остальных участников исследования позитивных изменений зафиксировано, к сожалению, не было. Не было различий и в показателях по исследуемому параметру между юношами и девушками.

Заключение

Таким образом, на основании проведенного эксперимента по определению ПГкПС были выявлены проблемные места в организации образовательного процесса в вузе

и колледже, не позволяющие достичь более высоких результатов при формировании исследуемого параметра и наметить программу результативного формирования установочного, когнитивного и конативного компонентов ПГкПС, которая будет представлена в следующих статьях.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 14.11.2025).
2. Никольский В.С. Обучение служению в России: становление предметного поля // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 12. С. 9–28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59555424> (дата обращения: 14.11.2025). DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-12-9-28.
3. Горлова Н.И., Старовойтова Л.И. «Обучение служением (действием)» как эффективная методика организации учебного процесса через социально полезную деятельность в современном образовательном учреждении // ЦИТИСЭ. 2023. № 2. С. 226–235. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68496449> (дата обращения: 14.11.2025).
4. Барыкина А. И. Представления о понятии «служение» представителей различных профессиональных групп // Российский психологический журнал. 2020. Т. 17. № 3. С. 44–59. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44156131> (дата обращения: 14.11.2025). DOI: 10.21702/trj.2020.3.4.
5. Чепляев В.Л. Личностно-профессиональная готовность государственных служащих // Управленческое консультирование. 2016. № 12 (96). С. 55–62. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27511373> (дата обращения: 14.11.2025).
6. Калегина Ю.В. Готовность выпускника вуза к социальному и профессиональному служению // Казанский педагогический журнал 2023. № 1. С. 110–119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50371354>. (дата обращения: 14.11.2025). DOI: 10.51379/KJP.2023.158.1.011.
7. Заякина Р.А. Готовность российского студента к профессиональному служению: от действительного к желаемому // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. № 2. С. 73–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=63650688> (дата обращения: 14.11.2025). DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-73-88.
8. Лежнева Н. В. Развитие психологической готовности к инновационной предпринимательской деятельности у студентов вуза. Челябинск: Изд-во Челябинского государственного университета, 2022. 159 с. ISBN 978-5-7271-1793-4.
9. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2021. 512 с. ISBN 978-5-4461-9803-0.
10. Реан А.А. Психология личности. СПб.: Питер, 2016. 288 с. ISBN 978-5-496-02369-6.
11. Капустина А.Н. Многофакторная личностная метадиагностика Р. Кеттелла. СПб.: Речь, 2001. 112 с. ISBN 5-9268-0068-4, 5-89939-053-0.
12. Рогов Е.И. Практическая психология. Работа с детьми разного возраста: практическое пособие. М.: Юрайт, 2025. 417 с. ISBN 978-5-534-19712-9.
13. Чернявская А.П. Психологическое консультирование по профессиональной ориентации. М.: Владос, 2001. 95 с. ISBN 5-305-00007-6.
14. Канина Н.А., Григорьева Е.В., Хакимова Н.Р., Терпугова О.В., Терентьев Д.С. Динамика представлений о будущей профессии у студентов деонтологического профиля подготовки в период обучения в вузе // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2019. № 4 (36). С. 32–45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42362633> (дата обращения: 14.11.2025).
15. Моросанова В.И., Бондаренко И.Н. Диагностика саморегуляции человека: практическое пособие. М.: Когито-Центр, 2015. 304 с. ISBN 978-5-89353-466-5.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.013.83
 DOI 10.17513/snt.40659

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ТРЕБОВАТЕЛЬНОСТИ КАК КЛЮЧЕВОЙ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Литвин А.В., Пермяков А.Ф., Ушачева Е.В.

*Акционерное общество Научно-производственное объединение «Андроидная техника»,
 Москва, Российская Федерация, e-mail: rdbax@mail.ru*

В статье рассматривается актуальная психолого-педагогическая проблема «порочного круга управляемой неэффективности» на высокотехнологичных предприятиях. Этот цикл, вызванный дисбалансом между чрезмерной мягкостью (пассивно-попустительский стиль) и деструктивной жесткостью, ведет к снижению исполнительской дисциплины и уходу ценных кадров. Целью исследования является разработка, теоретическое обоснование и экспериментальная проверка эффективности методики интерактивного обучения (тренинга), направленной на формирование у руководителей компетенции «конструктивная требовательность» – волевого качества, основанного на справедливости и внимании к соблюдению стандартов. Исследование проведено в формате формирующего педагогического эксперимента на базе АО НПО «Андроидная техника» (экспериментальная группа: ТОП-менеджмент и начальники отделов). Для оценки эффективности использовалась батарея диагностических методик (до и после), включая тест «Оценка стиля управления», тест Томаса – Килманна и авторскую «Шкалу требовательности». Обучающая интервенция (тренинг) включала теоретический модуль (транзактный анализ Э. Берна, матрица поведения Рызова – Сивожелезова) и интерактивно-поведенческий модуль («управленческие поединки», «банк возражений»). В ходе эксперимента доказано, что методика способствует статистически значимому росту поведенческих индикаторов требовательности (готовность к контролю, применению санкций). Зафиксирован качественный сдвиг от доминирующих пассивных стилей («пассивно-попустительский», «избегание») к конструктивным стратегиям («сотрудничество», модель «Лидер»). Результаты исследования подтверждают, что предложенная методика является эффективным педагогическим инструментом для повышения управленческой компетентности и может быть тиражирована на высокотехнологичных предприятиях для преодоления «порочного круга неэффективности».

Ключевые слова: высокотехнологичные предприятия, интерактивное обучение, тренинг, требовательность, конструктивная требовательность, транзактный анализ, управленческие поединки, банк возражений, управленческие компетентности

DEVELOPING CONSTRUCTIVE DEMANDINGNESS AS A KEY MANAGERIAL COMPETENCY FOR LEADERS OF A SCIENTIFIC IN HIGH-TECHNOLOGY ENTERPRISE

Litvin A.V., Permyakov A.F., Ushacheva E.V.

*Joint Stock Company Scientific and Production Association “Android Technology”,
 Moscow, Russian Federation, e-mail: rdbax@mail.ru*

The article examines the relevant psycho-pedagogical problem of the “vicious circle of managerial inefficiency” in High-Technology enterprises. This cycle, caused by an imbalance between excessive leniency (laissez-faire style) and destructive rigidity, leads to a decline in executive discipline and the loss of valuable personnel. The aim of the study is to develop, theoretically substantiate, and experimentally test the effectiveness of an interactive learning methodology (training) aimed at forming the “constructive demandingness” competence in managers – a volitional quality based on fairness and attention to compliance with standards. The study was conducted as a formative pedagogical experiment at JSC NPO “Androidnaya Tekhnika” (experimental group: top management and department heads). To assess effectiveness, a battery of diagnostic metrics was used (before and after), including the “Management Style Assessment” test, the Thomas-Kilmann Conflict Mode Instrument, and an original “Demandingness Scale.” The learning intervention (training) included a theoretical module (E. Berne’s transactional analysis, Ryzov-Sivozhelezov’s behavior matrix) and an interactive-behavioral module (“managerial duels”, “bank of objections”). The experiment demonstrated that the methodology contributes to a statistically significant growth in behavioral indicators of demandingness (readiness for control, application of sanctions). A qualitative shift was recorded from dominant passive styles (“laissez-faire”, “avoidance”) to constructive strategies (“collaboration”, the “Leader” model). The research results confirm that the proposed technology is an effective pedagogical tool for enhancing managerial competence and can be replicated at industrial enterprises to overcome the “vicious circle of inefficiency.”

Keywords: high-tech enterprises, interactive learning, training, demanding, constructive demanding, transactional analysis, managerial duels, objection bank, managerial competencies

Введение

В условиях Индустрии 4.0 и ускоренной технологической модернизации ключевым фактором конкурентоспособности высокотехнологичных предприятий станов-

ится не только технологическое лидерство, но и эффективность системы управления. Особую значимость в этой связи приобретают надпрофессиональные компетенции (soft skills) руководящего состава, ответственного

за выполнение инновационных задач в условиях высокой неопределенности [1, 2].

В совершенствовании системы управления предприятием в высокотехнологичном секторе достигнут одинаковый уровень, подходы все известны, доступ к программному обеспечению для автоматизации и цифровизации бизнес-процессов одинаков. Но есть ряд сильно недооцененных факторов, которым в силу объективных причин не удалено достаточного внимания. Один из них – это требовательность руководства [3].

Анализ управленческой практики на современных промышленных предприятиях выявляет распространенную психолого-педагогическую проблему, которую, основываясь на материалах А. Фридмана и В. Тарасова, можно определить как «порочный круг управленческой неэффективности». Этот цикл развивается по предсказуемому сценарию. Сначала руководитель, стремясь к «хорошим отношениям», проявляет чрезмерную мягкость (крайность № 1). Это неизбежно приводит к падению исполнительской дисциплины и снижению стандартов качества. В определенный момент, столкнувшись с критическими последствиями (срыв проекта, крупные убытки) или давлением со стороны вышестоящего руководства, менеджер, не обладающий развитыми навыками, впадает в другую крайность – деструктивную, одномоментную и непоследовательную жесткость (крайность № 2). Сотрудники, привыкшие к попустительству, воспринимают этот резкий контраст как самодурство и несправедливость, что провоцирует уход наиболее ценных специалистов и дальнейшую деградацию командной эффективности [4].

Ключом к разрыву этого деструктивного цикла является целенаправленное педагогическое формирование компетенции «конструктивная требовательность». В рамках данного исследования данный конструкт определяется не как синоним авторитаризма или агрессии, а как положительное нравственно-этическое и волевое качество личности, выражющееся в способности побудить себя или других к качественному выполнению действия, основанное на справедливости и внимании к соблюдению стандартов.

Анализ научной и деловой литературы по теме управления показывает, что понятие требовательности часто рассматривается как центральное в деятельности руководителя. Так, ряд бизнес-тренеров, в частности Александр Фридман, прямо называют требовательность главным качеством, отличающим руководителя от не-руководителя. Согласно этому подходу, без способности потребовать что-либо от других ни профессиональная компетентность, ни личная ответственность не позволяют человеку эффективно управ-

лять. Эта точка зрения разделяется многими практиками, которые определяют требовательность как основу для соблюдения установленного порядка и стандартов [5].

В работах, посвященных практической реализации этой компетенции, требовательность операционализируется через три ключевых компонента: наличие методичного, плотного контроля исполнения; психологическая готовность применить санкции (что рассматривается почти как синоним требовательности); и использование соответствующего верbalного и неверbalного аппарата (требовательные интонации и слова, такие как «необходимо», «требую», «недопустимо») [6, 7].

Другое направление исследований, включая работы В. Тарасова, рассматривает требовательность через призму «управленческой борьбы». В этом контексте требовательность – это, прежде всего, готовность руководителя к управляемому конфликту и способность применить волевое усилие (энергию), чтобы «спросить с того, кто уклоняется от исполнения обязанностей». Психологической основой для этого служит концепция «силы в безразличии» – наличие у руководителя заранее продуманного альтернативного сценария, который снимает страх перед отказом или увольнением сотрудника [8].

Исследователи в области организационной психологии (в частности, в моделях, производных от И. Адизеса или И. Рызова и П. Сивожелезова) часто анализируют отсутствие требовательности. Они связывают это с психологическими барьерами руководителя: ориентацией на «хорошие отношения» (что характерно для типа «Интегратор» или поведенческой модели «Робкий»), страхом испортить отношения, зависимостью от конкретного незаменимого подчиненного или недостатком чувства внутренней правоты в своих требованиях [9, 10].

Таким образом, в современной управленческой мысли конструктивная требовательность отделяется от бытовой «строгости» или «самодурства» (требования бессмысленных действий) и рассматривается как нарабатываемый волевой навык, направленный на активацию «внешней ответственности» у сотрудников для достижения качественного результата. Дефицит данной компетенции признается одной из ключевых причин управленческих неудач [11, 12].

Цель исследования – разработка, теоретическое обоснование и экспериментальная проверка эффективности методики интерактивного обучения, направленной на развитие компетенции «конструктивная требовательность» и преодоление «порочного круга управленческой неэффективности» у руководителей высшего и среднего

звена (ТОП-менеджмента и начальников отделов) АО НПО «Андроидная техника».

Материалы и методы исследования

Исследование было организовано как формирующий педагогический эксперимент, проведенный на базе АО НПО «Андроидная техника». Эксперимент включал три этапа: констатирующий (диагностика исходного уровня), формирующий (обучающая интервенция) и контрольный (повторная диагностика). В эксперименте приняла участие единая экспериментальная группа (15 чел.), состоящая из руководителей высшего звена и начальников ключевых отделов предприятия.

Для оценки исходного уровня (констатирующий этап) и фиксации изменений (контрольный этап) использовалась батарея из трех валидированных методик, адаптированных к целям исследования:

1. *Тест «Оценка стиля управления».* Опросник (60 вопросов), разработанный А. Аграшенковым. Измеряет степень выраженности трех стилей: авторитарно-единоличного, пассивно-попустительского и единолично-демократического. Гипотеза исследования предполагала исходное доминирование у участников «пассивно-попустительского» стиля, являющегося основой «порочного круга неэффективности» [13].

2. *Тест Томаса – Килманна (тест Томаса).* Стандартизированная методика диагностики доминирующих стратегий поведения в конфликтных ситуациях (Соперничество, Сотрудничество, Компромисс, Избегание, Приспособление). Гипотеза предполагала доминирование пассивных стратегий «Избегание» (Уход) и «Приспособление», коррелирующих с низкой требовательностью [14].

3. *Авторская «Шкала требовательности».* Для тонкой оценки целевой компетенции был использован опросник самооценки, разработанный на основе поведенческих индикаторов программы тренинга. Шкала включает 13 ключевых характеристик (например, «Непозволение снижать стандарты качества», «Плотный, методичный контроль исполнения», «Готовность применить санкции», «Чувство внутренней правоты в своих требованиях», «Самодисциплина»), по каждой из которых участники оценивали себя по 10-балльной шкале до и после интервенции [15].

Формирующий этап представлял собой двухдневный корпоративный тренинг «Конструктивная требовательность как инструмент эффективности», проведенный корпоративным психологом и руководителем корпоративного университета. Педагогическая технология была построена на сочетании двух модулей:

1. Теоретико-когнитивный модуль. Направлен на освоение участниками психоло-

гических моделей, лежащих в основе конструктивного поведения. Ключевыми моделями выступили:

Транзактный анализ Э. Берна. Целевая установка – переход от неэффективных пересекающихся транзакций («Родитель – Дитя» или «Дитя – Родитель») к конструктивной параллельной коммуникации «Взрослый – Взрослый», основанной на фактах и целесообразности [16].

Матрица поведения Рызова – Сивожелезова. Целевая установка – диагностика собственного стиля и сознательный переход от деструктивных моделей («Робкий» – высокая корректность, низкая уверенность; «Танк» – низкая корректность, высокая уверенность) к ролевой модели «Лидер» (высокая корректность, высокая уверенность).

2. Интерактивно-поведенческий модуль. Являлся основным инструментом формирования и закрепления навыка.

Работа с «Банком возражений». Отработка быстрых, увереных и конструктивных верbalных реакций на типичные манипуляции и уклонения подчиненных («Это не мои обязанности», «У меня огромная загрузка» и т. д.).

«Управленческие поединки»: серия ролевых игр, моделирующих сложные управленческие ситуации (например, «невыполненный план» – работа с неэффективным, но «неприкосновенным» сотрудником; «задержка ответа» – работа с нарушением сроков). В ходе поединков участники должны были применить модели «Взрослый – Взрослый» и «Лидер» в условиях, максимально приближенных к жизненным.

Повторная диагностика (контрольный этап) проводилась через месяц после завершения формирующего этапа для оценки устойчивости изменений. Для оценки достоверности сдвигов в показателях «Шкалы требовательности» (до и после) применялся критерий Стьюдента для зависимых выборок.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных, полученных на констатирующем этапе, полностью подтвердил актуальность педагогической проблемы для исследуемой группы.

Диагностика стиля управления показала, что у 11 из 15 руководителей (73 %) выявлен доминирующий «пассивно-попустительский» стиль. Этот стиль характеризуется самоустранием от управления, нетребовательностью и избеганием принятия решений, что является прямой предпосылкой для «Крайности № 1» (чрезмерная мягкость) в «порочном круге неэффективности».

Таблица 1

Сравнительный анализ средних баллов по «Шкале требовательности» до и после формирующего эксперимента

Характеристика (Индикатор)	M (До)	M (После)	t (Стьюент)	p-уровень
Непозволение снижать стандарты качества	4,5	7,8	-5,12	p < 0,01
Настойчивость в доведении требований до конца	4,1	7,9	-6,03	p < 0,01
Плотный, методичный контроль исполнения	3,5	7,2	-5,88	p < 0,01
Готовность применить санкции	2,8	6,5	-6,21	p < 0,01
Чувство внутренней правоты в своих требованиях	4,0	7,7	-5,91	p < 0,01
Самодисциплина (требовательность к себе)	5,1	7,9	-4,99	p < 0,01

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

Таблица 2

Изменение доминирующих стратегий поведения в конфликте (тест Томаса – Килманна)

Стратегия	Кол-во участников (До)	% (До)	Кол-во участников (После)	% (После)
Соперничество	1	7 %	3	20 %
Сотрудничество	0	0 %	8	53 %
Компромисс	1	7 %	2	13 %
Избегание (Уход)	9	60 %	2	13 %
Приспособление	4	27 %	0	0 %

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

Анализ доминирующих стратегий в конфликте (тест Томаса – Килманна) показал, что у 60 % участников (9) доминирующей стратегией являлось «Избегание» (Уход), и у 27 % (4) – «Приспособление». Суммарно 87 % руководителей демонстрировали пассивные, неконструктивные стратегии, стремясь избежать любого столкновения интересов, что коррелирует с неспособностью предъявлять требования.

Данные самооценки по «Шкале требовательности» на констатирующем этапе выявили критически низкие средние баллы по ключевым поведенческим индикаторам: «Готовность применить санкции» (2,8), «Плотный, методичный контроль исполнения» (3,5) и «Настойчивость в доведении требований до конца» (4,1). Совокупность этих данных эмпирически подтверждает наличие у большинства руководителей поведенческих паттернов, формирующих «порочный круг управлеченческой неэффективности», который был заявлен как центральная проблема исследования.

После проведения формирующего эксперимента (тренинга) контрольная диагностика зафиксировала значимую положительную динамику. Сравнительный анализ средних баллов по «Шкале требовательности» представлен в табл. 1.

Данные, представленные в табл. 1, демонстрируют статистически значимый (p < 0,01) рост по всем ключевым поведенческим индикаторам конструктивной требовательности. Наибольший сдвиг наблюдается в показателях «Готовность применить санкции» (рост на 132 %), «Плотный контроль» (рост на 106 %) и «Настойчивость» (рост на 93 %), которые являются ядром данной компетенции и наиболее проблемными зонами на констатирующем этапе.

Качественные изменения подтверждаются сдвигом в выборе конфликтных стратегий (табл. 2).

В перспективе следующего исследования анализ шкалы самооценки руководителей.

Данные табл. 2 подтверждают фундаментальный качественный сдвиг в поведении: произошел массовый отказ от деструктивных и пассивных стратегий («Избегание», «Приспособление»), которые доминировали у 87 % группы, в пользу конструктивных («Сотрудничество», «Соперничество»).

Обсуждая полученные результаты, необходимо отметить, что зафиксированный статистический сдвиг объясняется тем, что предложенная педагогическая методика была построена не на простой передаче знаний, а на интерактивной отработке целевых моделей. «Управленческие поединки», моделирующие реальные производственные конфликты, позволили участникам в безопасной среде («педагогической песочнице») на практике перейти от интуитивной,

но неэффективной модели «Робкий» (низкая уверенность, высокая корректность) к освоенной модели «Лидер» (высокая уверенность, высокая корректность).

Важнейшим аспектом, зафиксированным в ходе качественного наблюдения на тренинге, стало изменение вербальных паттернов (языка) участников. Произошел сознательный отказ от формулировок, характерных для эго-состояния «Дитя» (например, «Можно мне отчет?», «Вы бы не могли...?»), которые по своей сути являются запросом разрешения, а не поручением. Участники освоили и перешли на использование четких, вежливых, но директивных формулировок эго-состояния «Взрослый» («Подготовьте, пожалуйста, отчет к 15:00», «Сообщите, пожалуйста, статус»). Этот лингвистический сдвиг является прямым поведенческим следствием усвоения модели «Взрослый – Взрослый» Э. Берна и коррелирует с ростом показателей «Настойчивость» и «Чувство внутренней правоты» в табл. 1.

Заключение

Проведенное исследование и формирующий педагогический эксперимент подтвердили выдвинутую гипотезу. Разработанная и апробированная методика интерактивного обучения, сочетающая когнитивный модуль (модели Э. Берна, И. Рызова и П. Сивожелезова) и поведенческий модуль («управленческие поединки», «банк возражений»), доказала свою высокую эффективность в развитии управленческих компетенций.

Удалось добиться значительного роста конструктивной требовательности у 15 руководителей высшего и среднего звена НПО «Андроидная техника». Это выражалось в повышении готовности к контролю и применению санкций, а также в переходе от пассивных («Избегание») к конструктивным («Сотрудничество») моделям поведения в конфликтах, что создает основу для преодоления «порочного круга управленческой неэффективности».

Научно-практическая значимость работы заключается в том, что апробированная методика является эффективным педагогическим инструментом, который может быть тиражирован на других высокотехнологичных предприятиях для повышения качества управленческого корпуса и адаптации руководителей к вызовам современной производственной среды.

Перспективы дальнейших исследований видятся в проведении лонгитюдного исследования для оценки долгосрочной устойчивости сформированных навыков

и анализа их влияния на объективные бизнес-показатели (производительность труда, исполнительская дисциплина, текучесть кадров) в АО НПО «Андроидная техника».

Список литературы

1. Козлов Н.И. Обзор современных видов и форм тренинговой деятельности в России // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2012. № 25–1. С. 10–19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sovremennyh-vidov-i-form-treningovoy-deyatelnosti-v-rossii/viewer> (дата обращения: 01.12.2025). ISBN 0869-8120.
2. Козлов В.В., Лазарева Ю.Н. Динамика изменений личности в тренинговой среде: результаты многофакторного анализа // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 6 (124). С. 215–219. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-izmeneniy-lichnosti-v-treningovoy-srede-rezulatty-mnogofaktornogo-analiza/viewer> (дата обращения: 01.12.2025).
3. Черепухин Т.Ю., Задонко В.И., Евсикова В.Е. Менеджмент организационных изменений в условиях цифровизации // Журнал прикладных исследований. 2024. № 12. С. 110–116. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/menedzhment-organizatsionnyh-izmeneniy-v-usloviyah-tsifrovizatsii> (дата обращения: 05.12.2025). DOI: 10.47576/2949-1878.2024.12.12.016.
4. Тарасов В. Искусство управленческой борьбы. Технология перехвата и удержания управления. Юбилейное иллюстрированное издание, дополненное и переработанное. М.: Добрая книга, 2024. 584 с. ISBN 978-5-98124-751-4.
5. Фридман А. Вы или хаос: профессиональное планирование для регуляризованного менеджмента. М.: Добрая книга, 2024. 480 с. ISBN 978-5-98124-678-4.
6. Дернер Д. Логика неудачи. Книга о стратегическом мышлении в сложных ситуациях // Пер. с нем. Постниковой О. AST Publishers, 2023. 241 с. ISBN 978-5-17-150561-5.
7. Куликова Е.А. Психологические аспекты сопротивления изменениям в организациях // Концепт. 2021. № 10. С. 1–10. DOI: 10.24412/2304-120X-2021-12014.
8. Тарасов В. Технология лидерства. М.: Добрая книга, 2018. 240 с. ISBN 978-5-98124-708-8.
9. Рызов И. Кремлевская школа переговоров. Новая реальность. М.: Эксмо, 2025. 336 с. ISBN 978-5-04-210812-9.
10. Сивожелезов П. Мягкий босс – жесткий босс. Как говорить с подчиненными. От битвы за зарплату до укroщения незаменимых. М.: Бомбара, 2018. 256 с.
11. Яголковский С. Психология инноваций: подходы, модели, процессы. М.: Издательство дом Высшей школы экономики, 2011. 270 с. ISBN 978-5-7598-0771-1.
12. Поддъяков А.Н. Психология обучения в условиях новизны, сложности, неопределенности // Психологические исследования. 2015. № 8 (40). С. 6. URL: <https://psystudy.ru/article/view/558/295> (дата обращения: 07.12.2025).
13. Аграшенков А. Психология на каждый день. Советы, рекомендации, тесты. Синтез-Полиграф, 2003. 428 с. ISBN 5-8329-0056-1.
14. Кардашина С., Шангина Н. Психометрические характеристики русскоязычной версии опросника К. Томаса – Р. Кильманна («Thomas – Kilmann Conflict Mode Instrument – tki-r») // Психолого-педагогические проблемы в образовании. 2016. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihometricheskie-harakteristiki-russkojazychnoj-versii-opsionika-k-tomasa-r-kilmanna-thomas-kilmann-conflict-mode-instrument-tki-r> (дата обращения: 05.12.2025).
15. Литвин А.В., Пермяков А.Ф., Ушачева Е.В. Уточнение шкалы уровней технологического шока сотрудников научно-производственных предприятий. // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=34208> (дата обращения: 04.12.2025). DOI: 10.17513/spon.34208.
16. Берн Э. Игры, в которые играют люди. Люди, которые играют в игры / Пер. с англ. Грузберга А.М.: Эсмо, 2023. 576 с. ISBN 978-5-699-27303-4. ISBN 978-5-699-18299-2.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.01:372.854
 DOI 10.17513/snt.40660

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ НАСТОЛЬНЫХ ИГР

Миннахметова В.А. ORCID ID 0000-0001-6082-2282,

Мехеева А.Е., Сафиуллина З.И.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «Казанский федеральный университет», Казань, Российской Федерации,
 e-mail: vika.vikto96@mail.ru*

В статье обосновывается дидактический потенциал настольных игр по химии как результативного инструмента формирования познавательных универсальных учебных действий в контексте современной образовательной парадигмы. Эффективная интеграция настольных химических игр в учебный процесс детерминирована необходимостью выявления определенных педагогических условий. Цель исследования – выявить и экспериментально проверить педагогические условия использования настольных игр по химии для формирования познавательных универсальных учебных действий. В рамках исследования определены и содержательно раскрыты ключевые педагогические условия, обеспечивающие интеграцию игровой деятельности в образовательный процесс. Предложено: систематическое включение дидактических игр в структуру уроков химии; многоуровневый характер игровых заданий; организация рефлексивной деятельности обучающихся по итогам игровых занятий. Методологическую основу исследования составили игровой, системно-деятельностный и личностно ориентированный подходы. Приведены результаты опытно-экспериментальной работы по апробации выявленных педагогических условий, основанной на применении разработанных настольных игр по химии («Химическое домино», «Химическое лото», «ДаНетки») для формирования познавательных учебных действий у обучающихся 9-х классов при изучении раздела «Металлы и их соединения». Результаты проведенного педагогического эксперимента свидетельствуют о положительной динамике по всем структурным компонентам познавательных универсальных учебных действий: общеучебным, логическим, знаково-символическим действиям.

Ключевые слова: универсальные учебные действия, обучение химии, игровые технологии, химические игры

PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR DEVELOPING COGNITIVE UNIVERSAL LEARNING ACTIVITIES IN STUDENTS THROUGH BOARD GAMES

Minnakhmetova V. A. ORCID ID 0000-0001-6082-2282,
 Mekheeva A. E., Safiullina Z. I.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
 “Kazan Federal University”, Kazan, Russian Federation,
 e-mail: vika.vikto96@mail.ru*

This article substantiates the didactic potential of chemistry board games as an effective tool for developing universal cognitive learning activities within the context of the modern educational paradigm. Effective integration of chemistry board games into the educational process is determined by the need to identify specific pedagogical conditions. The aim of the study is to identify and experimentally test the pedagogical conditions for using chemistry board games to develop universal cognitive learning activities. The study identified and substantively described the key pedagogical conditions that ensure the integration of gaming activities into the educational process. The proposed solutions include the systematic inclusion of didactic games in the structure of chemistry lessons; a multi-level nature of gaming tasks; and the organization of students' reflective activities based on the results of gaming sessions. The methodological basis of the study included game-based, system-activity-based, and student-centered approaches. The article presents the results of a pilot study to test the identified pedagogical conditions based on the use of developed chemistry board games («Chemical Dominoes», «Chemical Lotto», and «DaNetki») to develop cognitive learning activities in ninth-grade students studying the section “Metals and Their Compounds.” The results of the pedagogical experiment demonstrate positive dynamics across all structural components of cognitive universal learning activities: general educational, logical, and symbolic actions.

Keywords: universal technological operations, chemistry teaching, game technologies, chemistry games

Введение

В настоящее время система образования сталкивается с необходимостью пересмотр традиционных подходов к организации процесса обучения [1]. Требования федерального государственного образовательного стандарта основного общего образо-

вания (далее – ФГОС ООО) актуализируют проблему формирования познавательных универсальных учебных действий (далее – УУД) у обучающихся, в том числе по химии [2]. Особую значимость для решения выявленной проблемы приобретает использование дидактических игр [3].

Концепция универсальных учебных действий, ставшая ключевой для современного образования, была разработана А.Г. Асмоловым, что отражено в его работах [4]. Значительный вклад в развитие классификации универсальных учебных действий внесли Ю.К. Бабанский [5, с. 273] и С.Г. Воровщиков [6, с. 148]. Если Ю.К. Бабанский заложил дидактические основы оптимизации учебной деятельности через систематизацию общеучебных умений и навыков, то С.Г. Воровщиков в своих работах углубил представления о познавательных УУД через практико-ориентированный подход к организации деятельности обучающихся. В то же время специфика познавательных универсальных учебных действий в контексте обучения химии стала предметом исследования таких авторов, как Ф.О. Тухтаниёзова, К.У. Комилов [7, с. 6] и Н.А. Чуланова [8]. Практика показывает, что дидактические игры в химии, несмотря на их широкое распространение, зачастую применяются эпизодически и не имеют четкого дидактического обоснования в контексте последовательного формирования познавательных универсальных учебных действий. Преодоление этого методического разрыва требует обращения к надежному теоретическому базису. Таким базисом выступает игровой подход, а именно дидактическая игра.

Важнейший теоретический фундамент для понимания игрового подхода в обучении был заложен в работах Л.С. Выготского [9], Н.Н. Шацкой [10] и С.А. Шмакова [11, с. 95]. Согласно их концепциям, игра является «естественной средой обитания» для развития метапредметных навыков, где они не отрабатываются в искусственно созданных условиях, а возникают как необходимое условие для достижения желанной игровой цели. Также проблема применения дидактических игр отражается в работах Ю.В. Свортова [12] и Ю.В. Карлова [13], которые рассматривали игру как эффективный инструмент активизации познавательной деятельности и развития мыслительных операций у обучающихся. Это теоретическое наследие доказывает многогранность развивающего потенциала игры, находит свое продолжение в современной образовательной парадигме, ключевым требованием которой является формирование УУД (личностные, регулятивные, познавательные и коммуникативные).

В широком смысле термин «универсальные учебные действия» означает умение учиться, то есть способность субъекта к саморазвитию и самосовершенствованию путем сознательного и активного присвоения нового социального опыта [14, с. 4].

Универсальный характер учебных действий проявляется в возможности каждого учебного предмета в зависимости от содержания и способов организации учебной деятельности формировать различные учебные действия и стимулировать самостоятельность обучающихся.

Согласно требованиям современного государственного образовательного стандарта (ФГОС ООО), формирование УУД является основой для развития у обучающихся универсальных компетенций и функциональной грамотности. В научно-педагогической литературе традиционно выделяют четыре группы УУД:

- личностные универсальные учебные действия – обеспечивают ценностно-смысловое самоопределение, морально-этическое оценивание и личностное развитие обучающихся;

- регулятивные универсальные учебные действия – направлены на организацию и коррекцию учебной деятельности: целеполагание, планирование, контроль, оценку и саморегуляцию;

- познавательные универсальные учебные действия – включают комплекс действий по работе с информацией: общеучебные, логические, а также действия по постановке и решения проблем (в том числе знаково-символические действия);

- коммуникативные универсальные учебные действия – обеспечивают эффективное взаимодействие и сотрудничество между участниками образовательного процесса.

Особый интерес представляет развитие познавательных УУД в рамках обучения химии. Этот предмет обладает уникальным потенциалом для формирования всего спектра познавательных навыков благодаря единству теории и практики (химический эксперимент) с опорой на необходимость работать с разным типом информации – от знаково-символических формул до реальных химических веществ, реактивов и оборудования. Важно отметить, что система познавательных УУД обладает сложной структурой и включает в себя три взаимосвязанных компонента:

- общеучебные действия, к которым относятся самостоятельное выделение и формулирование познавательной цели, поиск и структурирование информации, применение методов информационного поиска, рефлексия способов и условий действия;

- логические действия, направленные на анализ объектов с целью выделения существенных и несущественных признаков, синтез как составление целого из частей, выбор оснований и критериев для сравнения, классификации объектов, выведение

следствий, установление причинно-следственных связей;

– действия постановки и решения проблем (в том числе знаково-символические действия), выполняющие функцию исследования проблемной области с выделением цели как образа потребного будущего, стратегии и тактики ее достижения, формулирование проблемы и самостоятельное создание способов решения творческого и поискового характера.

Несмотря на признанную важность формирования познавательных УУД при обучении химии, остается актуальной проблема подбора адекватных средств обучения. Перспективным решением данной проблемы представляется разработка и систематическое применение дидактических игр. В педагогической практике под этим термином понимается специально созданный методический прием или метод обучения в виде игровой ситуации, направленного на достижение определенных дидактических целей в процессе обучения [6, с. 160].

С опорой на теоретическую базу [13; 15] можно выделить подвиды дидактических игр в зависимости от их функций и педагогической цели:

- игры с правилами (настольные, подвижные, игры-викторины, игры-квесты);
- творческие игры (ролевые, деловые, игры-состязания);
- игры, направленные на изучение нового материала;
- игры, направленные на проверку полученных знаний;
- игры, направленные на закрепление и обобщение пройденного материала [13].

Практика показывает, что дидактические игры являются наиболее результативными средствами для формирования познавательных универсальных учебных действий, так как они развивают познавательные способности обучающихся и учат применять качественные полученные знания на практике. Однако следует отметить, что вопрос использования настольных игр в рамках становления познавательных универсальных учебных действий обучающихся по химии остается недостаточно разработанным как в теоретическом, так и в практическом плане.

Цель исследования – выявить и экспериментально проверить педагогические условия использования настольных игр по химии для формирования познавательных универсальных учебных действий.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу составили игровой подход, дополненный системно-деятельностным и личностно ориентиро-

ванным подходами. В работе использован комплекс методов: теоретико-методологический анализ научной литературы по проблеме формирования познавательных УУД через применение дидактических игр по химии; диагностический метод, включающий анкетирование студентов – будущих учителей химии для оценки их готовности использовать дидактические игры в будущей профессиональной деятельности и диагностика учебной мотивации студентов по методике Н.Г. Лускановой [16, с. 27–29]; педагогический эксперимент на базе МАОУ «Лицей № 131» Вахитовского района г. Казани и включал три последующих этапа: констатирующий, формирующий и контрольный. Для статистической верификации полученных результатов на контролльном этапе исследования был применен *t*-критерий Стьюдента.

В опытно-экспериментальной работе по формированию познавательных УУД участвовали обучающиеся 9-х классов среднего уровня обученности (КГ – 30 чел., ЭГ – 30 чел.). Это позволило в условиях реального образовательного процесса апробировать выявленные педагогические условия использования настольных игр по химии и оценить их результативность. Диагностика уровня сформированности познавательных УУД у обучающихся с помощью настольных игр осуществлялась по отдельным компонентам (общеучебным, логическим, знаково-символическим) на основе экспертного наблюдения за игровыми сессиями, анализа продуктов игровой деятельности (составленных формул, классификаций, цепочек превращений) и проведения контрольных тестовых заданий до и после экспериментального этапа.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе анализа литературы [1; 3; 17] и учета специфики области химических знаний были выявлены и теоретически обоснованы педагогические условия формирования познавательных УУД у обучающихся посредством использования настольных игр.

Первое условие – систематичность и интегративность включения настольных игр в учебный процесс – предполагает, что игры должны использоваться не эпизодично, а как элемент системы уроков по определенной теме (например, «Основные классы неорганических соединений» или «Окислительно-восстановительные реакции»). Игры должны быть логически встроены в канву обучения – начиная с этапа мотивации и заканчивая этапами закрепления, контроля и коррекции знаний.

Второе условие – многоуровневость игрового контента. Игровой контент должен быть многоуровневым, а задания должны носить репродуктивный, конструктивный и творческий характер. Важно учитывать разнообразие форматов игрового контента и чередовать его (вопросы с выбором одного или нескольких ответов, открытые вопросы, задания на установление соответствия и т. д.). Это позволяет учитывать разный исходный уровень подготовки обучающихся по химии, предоставляет возможность выбора и гарантирует, что каждый ученик сможет внести вклад в командный или индивидуальный результат.

Третье педагогическое условие – целенаправленное развитие рефлексивных навыков – является ключевым для формирования метапредметных результатов. Оно реализуется через обязательный этап рефлексии после завершения игры, где обучающиеся дают правильные ответы и анализируют их: Какие химические понятия или законы помогли победить? Где были допущены ошибки и почему? Что нового я понял(а) в ходе игры?

Для проверки выявленных педагогических условий формирования познавательных УУД у обучающихся посредством использования настольных игр был организован педагогический эксперимент. Его реализация носила двухэтапный характер: первоначальная стадия пришлась на период педагогической практики, за которой последовали этап апробации и внесения корректировок в условиях реальной образовательной среды.

На констатирующем этапе опытно-экспериментальной работы было сформировано две группы обучающихся 9-х классов (экспериментальная (ЭГ, 30 чел.), где была реализована интеграция игровых технологий в урок химии, и контрольная (КГ, 30 чел.), где обучение химии продолжалось в традиционном ключе) и проведена первичная диагностика уровня сформированности познавательных УУД. Диагностическая работа проводилась по разделу «Неметаллы и их свойства» и включала практико-ориентированные последовательные задания. Работа была направлена на проверку отдельных компонентов познавательных УУД: общеучебные (умение составлять план теста по темам раздела); логические (выполнять задания на установление причинно-следственных связей между строением неметаллов, их составом и свойствами); знаково-символические (выполнение упражнений на осуществление генетических цепочек ряда неметаллов). Оценка уровня сформированности компонентов УУД осуществлялась с использова-

нием трехуровневой шкалы, включающей базовый, продвинутый и высокий уровни.

Результаты опытно-экспериментальной работы на констатирующем этапе показали, что только 32% обучающихся демонстрировали базовый уровень развития познавательных УУД, что подтвердило необходимость целенаправленной работы. Кроме того, было проведено анкетирование по методике «Оценка уровня школьной мотивации» по Н.Г. Лускановой [16, с. 27–29]. Полученные данные позволили установить исходный уровень мотивационной готовности обучающихся к участию в опытно-экспериментальной работе и создать благоприятную среду для последующего внедрения педагогических условий и комплекса дидактических игр по химии в процесс обучения. Высокие показатели мотивации на начальном этапе исследования свидетельствовали о достаточной сформированности внутренних предпосылок для успешного формирования познавательных УУД по химии средства настольных игр по химии с учетом выявленных педагогических условий.

В рамках исследования на формирующем этапе опытно-экспериментальной работы были разработаны и внедрены три типа дидактических игр по химии по разделу «Металлы и их соединения» (УМК О.С. Габриеля): «Химическое лото», «Химическое домино», «ДаНетки». Разработка дидактических игр осуществлялась в рамках преподавания химии и базировалась на интеграции игровых технологий в процесс образования. Методологической основой выступили игровые, системно-деятельностный и личностно ориентированный подходы, что позволило создать дидактический комплекс, направленный на формирование познавательных УУД по химии у обучающихся 9-х классов. Процесс разработки включал следующие этапы: анализ содержания тематического раздела «Металлы и их соединения», проектирование игровых моделей с учетом возрастных особенностей обучающихся 9-х классов и их образовательных потребностей, создание дидактического материала игр и критерии результативности.

Игра первая, «Химическое лото» (рис. 1), способствует развитию межпредметных связей и системного мышления. Игра включает карточки с вопросами, требующими анализа практического применения металлов (например, «Какой металл используется для получения белых сплавов и часто присутствует в монетах?», «Металл, оказывающий бактерицидное действие?», «Какой металл имеет отличные антикоррозионные свойства и часто используется в покрытиях для стали?»). Содержание разработанной игры «Химическое лото» объединяет

химические и физические свойства металлов, что помогает обучающимся понимать взаимосвязь между различными научными дисциплинами. Вопросы и задания игры основаны на реальных химических и физических свойствах элементов-металлов, что помогает обучающимся осмысливать практическое применение знаний, а потому они требуют от участников команд анализа и синтеза информации, активного поиска правильных ответов.

Cu	Li	Ni	Cd	Os
Co	Be	Hg	Sb	K
K	Ag	Au	Sn	Ag
Pt	Fe	Cr	Fe	Pb
Na	Al	Cu	Zn	Re

Рис. 1. Настольная дидактическая игра «Химическое лото»

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Познавательные УУД при использовании «Химического домино» формируются через закрепление и систематизацию знаний о степени окисления и свойствах неметаллов и металлов. Обучающиеся анализируют химические реакции и синтезируют полученные знания для выполнения заданий. Методической основой разработанной дидактической игры послужила классическая игровая механика «Домино», адаптирован-

ная для решения учебных задач при изучении области химических знаний.

Основной целью второй игры, «Химическое домино» (рис. 2), является формирование навыков составления уравнений реакций в молекулярной и ионных формах. В контексте формирования познавательных УУД данная игра способствует развитию знаково-символических действий через преобразование химических формул в уравнения реакций, логических универсальных учебных действий посредством установления причинно-следственных связей между свойствами химических веществ и направлениями химических процессов, а также общеучебных действий через осознанное построение речевых высказываний при аргументации выбора правильного ответа.

Целью третьей настольной дидактической игры, «ДаNetки» (рис. 3), на занятиях по химии является формирование познавательных универсальных учебных действий обучающихся через развитие логического мышления, способности анализировать информацию и применять химические знания на практике. Игровая деятельность организована по следующему алгоритму: ведущий (педагог) формулирует исходную задачу и рамках тематического блока «Металлы и их соединения». Обучающиеся осуществляют поисковую деятельность через последовательность двойных вопросов, допускающих только утвердительные или отрицательные ответы.

Каждое игровое задание было направлено на отработку конкретных УУД: составление уравнений химических реакций (знакомо-символические УУД), классификация веществ (логические УУД), прогнозирование свойств соединений (общеучебные УУД).

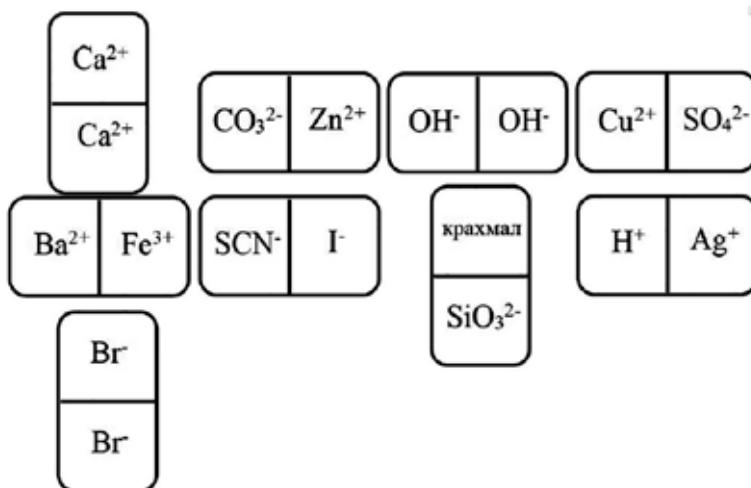


Рис. 2. Настольная дидактическая игра «Химическое домино»
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

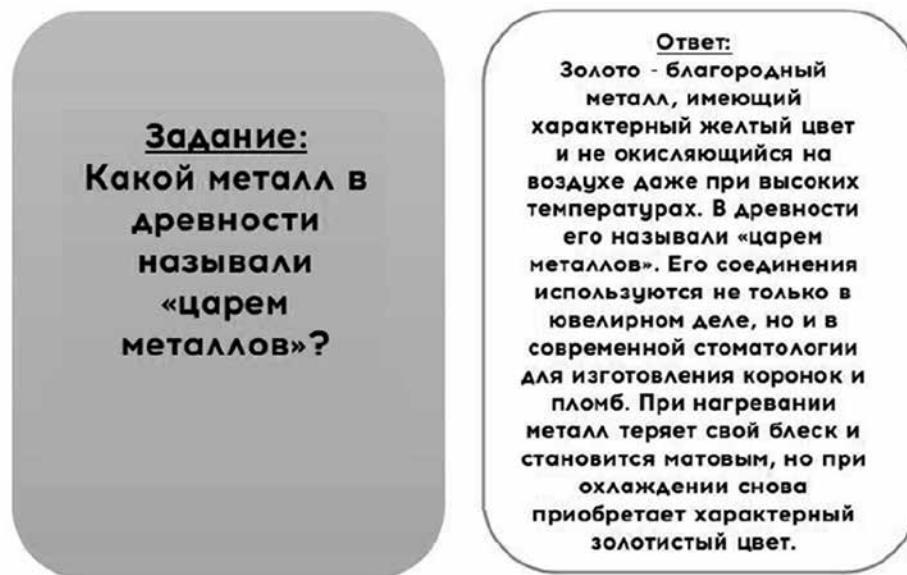


Рис. 3. Настольная дидактическая игра «ДаНетки»

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Апробация настольных игр по химии проводилась в условиях реального образовательного процесса с последующей коррекцией на основе рефлексивной оценки участников опытно-экспериментальной работы контрольной и экспериментальной групп. В контрольной группе обучение велось по традиционной методике с эпизодическим включением игровых элементов, в то время как в экспериментальной группе обучение было построено с целенаправленной реализацией трех выявленных педагогических условий (систематическое включение дидактических игр в структуру уроков химии; многоуровневый характер игровых заданий; организация рефлексивной деятельности обучающихся по итогам игровых занятий).

На контрольном этапе опытно-экспериментальной работы была проведена повторная комплексная диагностика, в ходе которой оценивался уровень сформированности познавательных УУД у девятиклассников по теме «Металлы и их свойства». Для оценки использовались практико-ориентированные задания, организованные в единую систему и направленные на комплексную проверку всех компонентов познавательных универсальных учебных действий согласно определенным критериям и показателям. Проведен сравнительный анализ данных констатирующего и контрольного этапов внутри КГ и ЭГ (для выявления динамики) и между КГ и ЭГ (для доказательства результативности именно предложенного комплекса условий).

По результатам контрольного этапа опытно-экспериментальной работы по формированию познавательных УУД обучающихся по химии с помощью настольных дидактических игр в целом установлен существенный рост по всем показателям у обучающихся ЭГ по сравнению с КГ.

По итогам систематического использования настольных игр по химии по общекомпоненту в ЭГ зафиксировано повышение способности к самостоятельному выделению и формулированию познавательной цели с 43 до 68 %, тогда как в КГ аналогичный показатель изменился с 42 до 47 %. Развитие навыков смыслового чтения химических текстов и структурирования в ЭГ проявилось в увеличении количества обучающихся, умеющих составлять сложный план ответа, с 32 до 55 %, в то время как в КГ рост составил лишь с 31 до 36 %.

По логическому компоненту в ЭГ наблюдается улучшение показателей анализа объектов с целью выделения признаков с 40 до 64 % (в КГ – с 41 до 45 %); рост умения устанавливать причинно-следственные связи с 41 до 68 % (в КГ – с 40 до 44 %); развитие способности к выдвижению гипотез и их доказательству с 26 до 45 % (в КГ – с 25 до 28 %).

По знаково-символическому компоненту в ЭГ установлен рост навыков преобразования верbalной информации в знаково-символическую форму с 40 до 61 % (в КГ – с 39 до 43 %); увеличилась доля обучающихся, свободно оперирующих химической символикой, с 46 до 72 % (в КГ – с 45 до 50 %).

**Динамика сформированности познавательных УУД
в экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) группах**

Критерий / Компонент	Показатель	Группа	Констатирующий срез, %	Контрольный срез, %	Прирост
Общеучебный компонент	Способность к самостоятельному выделению и формулированию познавательной цели	ЭГ	43 %	68 %	+25
		КГ	42 %	47 %	+5
	Умение составлять сложный план ответа (смысловое чтение и структурирование)	ЭГ	32 %	55 %	+23
		КГ	31 %	36 %	+5
Логический компонент	Анализ объектов с целью выделения признаков	ЭГ	40 %	64 %	+24
		КГ	41 %	45 %	+4
	Установление причинно-следственных связей	ЭГ	41 %	68 %	+27
		КГ	40 %	44 %	+4
Знаково-символический компонент	Способность к выдвижению гипотез и их доказательству	ЭГ	26 %	45 %	+19
		КГ	25 %	28 %	+3
	Преобразование верbalной информации в знаково-символическую форму	ЭГ	40 %	61 %	+21
		КГ	39 %	43 %	+4
	Свободное оперирование химической символикой	ЭГ	46 %	72 %	+26
		КГ	45 %	50 %	+5

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

С целью повышения точности обработки полученных опытно-экспериментальных данных была применена методика интегральной оценки. Уровень сформированности отдельного критерия познавательного УУД выводился как среднее арифметическое успешности (в долях единицы) выполнения обучающимся набора конкретных заданий-индикаторов по шкале «выполнено/не выполнено» (таблица).

Статистический анализ данных, проведенный на контрольном этапе эксперимента с использованием *t*-критерия Стьюдента, подтвердил статистическую значимость выявленных изменений ($p \leq 0,01$). Наиболее высокие значения *t*-эмпирического были получены для показателей логических действий: анализ объектов ($t = 4,82$), установление причинно-следственных связей ($t = 5,11$), выдвижение гипотез ($t = 4,25$). Сравнительный анализ динамики показателей сформированности познавательных УУД между констатирующим и контрольным срезами выявил устойчивую положительную динамику в экспериментальной группе. Наиболее значительный прогресс отмечен в развитии логических универсальных действий, что объясняется спецификой игровых заданий по химии, требующих анализа, синтеза и установления химических и межпредметных закономерностей.

Таким образом, эффективность каждого условия проверялась не изолированно, а в комплексе, через отслеживание положи-

тельной динамики ключевых показателей (уровень УУД, мотивация) именно в экспериментальной группе, где эти условия были реализованы в полной мере.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что настольные игры по химии обладают значительным педагогическим потенциалом для формирования универсальных учебных действий при изучении химии. В ходе работы была достигнута поставленная цель: выявлены и экспериментально апробированы педагогические условия на основе включения игровой деятельности в учебный процесс.

Теоретическое обоснование исследования, опирающееся на игровой, системно-деятельностный и личностно ориентированный подходы, было успешно апробировано в рамках опытно-экспериментальной работы. Опытно-экспериментальная работа с использованием разработанных настольных игр («Химическое домино», «Химическое лото», «ДаНетки») в рамках изучения раздела «Металлы и их соединения» (9 класс, УМК О.С. Габриеляна) показала устойчивую положительную динамику по всем структурным компонентам познавательных УУД: в общеучебном компоненте значительно выросли способности обучающихся к самостоятельной постановке познавательных целей и смысловому чтению химических текстов; в логическом компоненте зафиксирован наибольший прогресс:

у обучающихся улучшились навыки анализа, установления причинно-следственных связей и выдвижение гипотез, что напрямую связано со спецификой игровых заданий; в знаково-символическом компоненте отмечен рост умений свободно преобразовывать вербальную информацию в знаково-символическую форму.

Статистически значимые результаты опытно-экспериментальной работы убедительно доказывают, что реализация выявленных педагогических условий (систематическое включение игр в структуру урока, многоуровневый характер, организация рефлексивной деятельности) является определяющей для успеха формирования познавательных УУД.

Таким образом, настольные игры по химии доказали свою эффективность как инструмент, который не только активизирует познавательную деятельность обучающихся, но и целенаправленно формирует познавательные универсальные учебные действия, создавая для этого естественную и мотивирующую образовательную среду. Вместе с тем практика показывает, что эффективность настольных игр напрямую зависит от их дозированного и методически грамотного применения. Однако, стремясь увлечь обучающихся игровой формой, крайне важно не подменять ею системное изучение фундаментальных знаний и не сводить процесс обучения к развлекательной деятельности. Ключевая задача педагога – найти методический баланс и педагогически обоснованное применение настольной игре.

Полученные данные открывают перспективы для дальнейшего исследования и разработки дидактических игр для других разделов школьного курса химии.

Список литературы

1. Жакупова Г.С. Современный урок: методы повышения интерактивности // Эпоха науки. 2025. № 42. С. 382–389. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoy-urok-metody-povysheniya-interaktivnosti> (дата обращения: 10.11.2025). DOI: 10.24412/2409-3203-2025-42-382-389.
2. Гильманшина С.И., Миннахметова В.А. Педагогические условия активизации познавательной деятельности учащихся девятых классов в современной среде химического образования // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2025. Т. 10. № 7. С. 951–958. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskie-usloviya-aktivizatsii-poznavatelnoy-deyatelnosti-uchaschihsya-aktivyyatuh-klassov-v-sovremennoy-srede-himicheskogo> (дата обращения: 10.11.2025). DOI: 10.30853/ped20250114.
3. Гавронская Ю.Ю. Геймификация обучения химии: определенность и сомнения // Методика преподавания в современной школе: актуальные проблемы и инновационные решения. 2024. С. 442–448. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75175527> (дата обращения: 23.07.2025).
4. Асмолов А.Г. Проектирование универсальных учебных действий в старшей школе // Национальный психологический журнал. 2011. № 1. С. 104–110. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovaniye-universalnyh-uchebnyh-deystviy-v-starshey-shkole> (дата обращения: 29.07.2025).
5. Бабанский Ю.К. Избранные педагогические труды / Сост. М.Ю. Бабанский. М.: Педагогика, 1989. 560 с. URL: http://elib.old.gnpbu.ru/textpage/download/html/?book=babanskiy_izbrannye-pedagogicheskie-trudy_1989&bookhl (дата обращения: 29.07.2025). ISBN 5-7155-0174-1.
6. Воровщикова С.Г., Новожилова М.М., Аверина Н.П., Гольдберг В.А., Татьянченко Д.В. Метапредметное учебное занятие: ресурс освоения обучающимися универсальных учебных действий: учебное пособие. М.: Перспектива, 2015. 274 с. URL: https://lib.lgpm.org/el_books/el_books/24.pdf (дата обращения: 28.11.2025). ISBN 978-5-98594-542-3.
7. Тухтаниёрова Ф.О., Комилов К.У. Формирование универсальных учебных действий у учащихся на уроках химии через дидактические игры // Экономика и социум. 2022. № 2–2 (93). С. 960–965. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovaniye-universalnyh-uchebnyh-deystviy-u-uchaschihsya-na-urokah-himii-cherez-didakticheskie-igry> (дата обращения: 28.11.2025).
8. Чулanova Н.А. Модель развития познавательных универсальных учебных действий обучающихся образовательной организации в единстве и внеурочной деятельности // Известия Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. Педагогика. 2016. № 2. С. 229–234. DOI: 10.18500/1819-7671-2016-16-2-229-234.
9. Выготский Л.С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка // Альманах института коррекционной педагогики. 2017. № 28. С. 1–33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28925332> (дата обращения: 10.11.2025).
10. Шацкая Н.Н. Игра как средство формирования товарищества // Проблемы воспитания. 2006. № 1. С. 37–42. URL: <https://elcat.bntu.by/index.php?url=/notices/index/IdNotice:130288/Source:default#> (дата обращения: 21.07.2025).
11. Шмаков С.А. Игры учащихся – феномен культуры. М.: Новая школа, 1994. 240 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001696013> (дата обращения: 25.07.2025). ISBN 5-7301-0064-7.
12. Свортова Ю.В. Использование настольных игр в образовательном процессе // К.Д. Ушинский и русское национальное образование. Исторические уроки, идеи и современность. 2019. С. 145–150. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38319030> (дата обращения: 21.07.2025).
13. Карлова Ю.В. Настольные дидактические игры как активный метод инклюзивного образования в коррекционной работе с детьми с ОВЗ // Православие и отечественная культура: потери и приобретения минувшего, образ будущего. 2023. С. 105–107. URL: <https://petrovskie-cteniya.ru/articles/nastolnye-didakticheskie-igry-kak-aktivnyy-metod-inklyuzivnogo-образovaniya-v-korrektionsnoy-rabote> (дата обращения: 27.07.2025).
14. Темербекова А.А., Леушина И.С., Костюкова Т.А. Развитие универсальных учебных действий обучающихся: опыт, решения, перспективы: монография / под общ. ред. А.А. Темербековой. Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2023. 187 с. ISBN 978-5-91425-196-0.
15. Давыдова Е.Н., Кобозева И.С. Дидактическая игра: сущность и содержание // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3–1. С. 69–72. URL: https://s.sciencepedagogy.ru/pdf/2019/2019_3_1.pdf#page=69 (дата обращения: 28.11.2025).
16. Лусканова Н.Г. Методы исследования детей с трудностями в обучении: учеб.-метод. пособие. М.: Фолиум, 1999. 30 с. ISBN 5-900536-08-4.
17. Белохвостов А.А. Новые приемы обучения химии: поиск и перспективы // Наука – образование, производству, экономике. 2022. С. 449–451. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=cxbzft> (дата обращения: 21.07.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.011.31
 DOI 10.17513/snt.40661

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДЕФИЦИТОВ СОВЕТНИКОВ ДИРЕКТОРА ПО ВОСПИТАНИЮ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНА

Няясова И.А. ORCID ID 0000-0002-1125-1345,
 Винокурова Н.В., Приходченко Т.Н.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсеевьева», Саранск,
 Российская Федерация, e-mail: 25909101@mail.ru*

Представленная статья посвящена диагностике профессиональных дефицитов советников директора по воспитанию в условиях конкретного региона, что обусловлено необходимостью оценки результативности деятельности данного нового корпуса специалистов. Целью исследования стало выявление профессиональных дефицитов советников при выполнении функциональных обязанностей. Исследование проводилось в образовательных организациях Республики Мордовия с участием 240 советников, при использовании методов анкетирования и экспертной оценки, анализа, синтеза, систематизации. При этом впервые был применен региональный подход, обеспечивающий учет социокультурных и кадровых особенностей. На основе анализа профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» разработан критериально-диагностический инструментарий. Выявлен существенный дисбаланс в деятельности советников: при высокой активности в организации мероприятий и вовлечении обучающихся зафиксированы низкие показатели вовлеченности в значимые направления деятельности, такие как взаимодействие с родителями, адресная работа с детьми «группы риска» и системная профилактика асоциального поведения. Обнаружены значительные стратегические и аналитические дефициты, проявляющиеся в сложностях целеполагания и контекстного анализа среди. Отмечена зависимость советника от директивных указаний и готовых методических материалов, что ограничивает их способность к проектированию и внедрению инновационных форм работы. Наиболее проблемной зоной является работа с родительским сообществом, где преобладает традиционная форма собраний при дефиците доверительных контактов и интерактивных методов. Результаты диагностики указывают на системные проблемы в стратегических, аналитических и коммуникативных компетенциях советников, что актуализирует необходимость целенаправленной корректировки их профессиональной подготовки.

Ключевые слова: советник директора по воспитанию, профессиональные дефициты, диагностический инструментарий, диагностика профессиональных дефицитов, регион

RESULTS OF DIAGNOSTICS OF PROFESSIONAL DEFICITS OF ADVISORS TO THE EDUCATIONAL DIRECTOR IN REGIONAL CONDITIONS

Neyasova I.A. ORCID ID 0000-0002-1125-1345,
 Vinokurova N.V., Prikhodchenko T.N.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “M.E. Evseev Mordovian State Pedagogical University”, Saransk, Russian Federation, e-mail: 25909101@mail.ru

This article is devoted to the diagnosis of professional shortcomings of the director's advisers on education in a specific region, which is necessary to assess the effectiveness of this new corps of specialists. The purpose of the study was to identify the professional shortcomings of the advisers in the performance of their functional duties. The study was conducted in educational organizations of the Republic of Mordovia with the participation of 240 advisers, using the methods of analysis, synthesis, systematization, questionnaire and expert assessment, while for the first time a regional approach was applied, taking into account socio-cultural and personnel features. Based on the analysis A criterion-diagnostic toolkit has been developed for the professional standard “Specialist in Education.” A significant imbalance has been identified in the activities of advisers: while there is a high level of activity in organizing events and involving students, there are critically low levels of involvement in significant areas of activity, such as interaction with parents, targeted work with at-risk children, and systemic prevention of antisocial behavior. Significant strategic and analytical deficits have been identified, manifested in difficulties in setting goals and analyzing the context of the environment. The advisor's dependence on directive instructions and ready-made methodological materials has been noted, which limits their ability to engage in creative design and implement innovative forms of work. The most challenging area is working with the parent community, where traditional meetings prevail with a lack of trusting interactions and interactive methods. The diagnostic results indicate systemic gaps in the strategic, analytical, and communicative competencies of advisers, highlighting the need for targeted adjustments in their professional training.

Keywords: director's advisor on education, professional deficiencies, diagnostic tools, diagnosis of professional deficiencies, region

Введение

С 2021 года по инициативе Министерства просвещения РФ в рамках проекта «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации» впервые в образовательных организациях была введена должность советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями.

В период реализации пилотного проекта в педагогическом сообществе активно обсуждались вопросы, связанные с функциональными обязанностями, содержанием деятельности, результативностью работы педагогических работников в данной должности, что в дальнейшем стало основанием для создания ряда нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность советника директора по воспитанию. Методологические основания изучения деятельности советников по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями обоснованы в работах О.А. Лаврентьевой [1], Т.А. Ромм [2], И.Р. Сташкевич, О.Е. Крупниковой [3]. В исследовании О.А. Лаврентьевой, Е.М. Скрыпниковой, Б.А. Дейч, З.И. Лаврентьевой [4] дана оценка ожиданий от введения должности советника директора по воспитанию и определен потенциал для изменения результатов воспитания детей и молодежи. Критерии и показатели оценки эффективности воспитательной деятельности советника директора по воспитанию рассматриваются в работах Н.Н. Николиной, А.А. Лощиловой [5] с позиции процессуального, результативного и личностного аспектов. Содержание видов деятельности советника раскрывается М.М. Бетильмерзаевой, И.В. Мусхановой [6], А.Е. Пьянковой [7], Е.М. Скрыпниковой [8]. Данные работы формируют компетентностный профиль должности, являясь методологической основой для идентификации профессиональных дефицитов. Отклонение от описанных видов деятельности или неспособность их эффективного выполнения могут быть расценены как индикаторы профессиональных дефицитов. В научных исследованиях О.А. Гешко [9], И.С. Волковой, В.В. Неволиной [10], Т.С. Матовой [11] выявляются педагогические условия, обеспечивающие эффективность деятельности советника. Анализ способности советника создавать, поддерживать или адаптироваться к этим условиям позволяет оценить его стратегические и управленческие компетенции, а также выявить дефициты в области организационного проектирования и ресурсного обеспечения воспитательного процесса.

Особенности организации работы советника с родительским сообществом представлены в работах А.В. Богдашина, Т.О. Соловьевой [12]. Данные исследования позволяют наметить действенные пути построения продуктивных взаимоотношений советника по воспитанию с родительским сообществом в условиях конкретного региона посредством применения интерактивных методов взаимодействия. Теоретические основания сотрудничества советника с классными руководителями, педагогами-психологами в образовательной организации рассматриваются в исследованиях Ю.В. Боярской [13], Н.С. Кузиной [14]. Представленные в исследованиях модели продуктивного партнерства служат критериями для оценки коммуникативных и медиативных компетенций советника. Недостатки в реализации данных моделей могут указывать на профессиональные дефициты в сферах построения доверительных отношений, разрешения конфликтов и вовлечения родительской общественности. Теоретическое обоснование роли воспитания в жизни ребенка представлено в научных изысканиях последних лет О.С. Воробьевой [15], Л.Г. Астановой, Е.Н. Буслаева, И.В. Ивановой, В.А. Макаровой [16]. В исследованиях подчеркивается важность интеграции традиционных и инновационных методов воспитания подрастающего поколения, раскрываются особенности формирования ценностных ориентаций на разных возрастных этапах, что обосновывает вектор профессиональной деятельности и функционал советника директора по воспитанию.

Анализ практики позволяет констатировать, что советники директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями решают широкий спектр задач, при этом отсутствуют четкие требования к реализации функциональных обязанностей. Систематизация данных о профессиональной деятельности советников директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями указывает на широкий спектр решаемых ими задач. Однако недостаточная методологическая проработанность и отсутствие унифицированных требований к реализации их функционала обусловливают актуальность создания комплексного критериально-диагностического инструментария.

Цель исследования – выявить профессиональные дефициты советников директора по воспитанию в условиях конкретного региона.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в образовательных организациях Республики Мордо-

вия с участием 240 советников директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями в образовательных организациях. Основными методами в выполнении исследования выступили методы теоретического уровня – анализ, обобщение и систематизация материалов, актуальных для обсуждаемой темы, эмпирического уровня – анкетирование, экспертная оценка деятельности. Впервые проводится целенаправленный анализ профессиональных дефицитов советников директора по воспитанию не в общероссийском или абстрактном контексте, а на уровне конкретного региона. Это позволяет учесть региональные социокультурные, инфраструктурные и кадровые особенности, которые могут существенно влиять на формирование и проявление данных дефицитов, что ранее не становилось предметом самостоятельного эмпирического изучения.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный содержательный анализ профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» и положений типовой должностной инструкции послужил основанием для разработки критериально-диагностического инструментария оценки профессиональных дефицитов советника директора по воспитанию. Данный инструментарий призван обеспечить научно обоснованную оценку эффективности работы и диагностику профессиональных дефицитов. Основанием для определения критерии послужили выделенные в ходе анализа основные виды деятельности советника директора по воспитанию.

Диагностический инструментарий разрабатывался с учетом возможности проведения самооценки советником профессиональных дефицитов в реализуемых видах деятельности, экспертной оценки профессиональной деятельности со стороны субъектов, активно взаимодействующих с советником (администрация образовательной организации, педагогические работники, осуществляющие сотрудничество с советником по вопросам организации воспитательной работы, родительское сообщество). Эмпирические данные были получены посредством проведения онлайн-опроса респондентов. Опросник для советников включал вопросы по приоритетным направлениям деятельности, сформулированные таким образом, чтобы респонденты смогли отметить профессиональные затруднения в том или ином виде деятельности. Дополнительно предлагались кейс-задания, содержащие проблемные ситуации, возникающие в дея-

тельности советника, посредством решения которых, выявлялись дефициты в области знания нормативно-правовых документов, регламентирующих взаимодействие с участниками образовательных отношений, методики проведения воспитательных событий, методов и приемов работы с детьми «группы риска», особенностей организации работы с ученическим самоуправлением, умения устанавливать доверительные отношения с родителями обучающихся, организовывать взаимодействие с родительским сообществом и т. д.

В условиях Республики Мордовия институт советников директора по воспитанию активно развивается. В регионе работают советники по воспитанию на уровне общеобразовательных организаций и организаций среднего профессионального образования. С советниками продуктивно сотрудничают координаторы «Движения первых». Однако координационные функции в структуре института советников возникли гораздо позже, что на современном этапе обнаружило некоторые дефициты.

Остановимся подробнее на результатах исследования, которые представляют наибольшую ценность в изучении и оценке профессиональных дефицитов советников директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями в условиях региона.

В рамках проведенного исследования советники директора по воспитанию идентифицировали ряд приоритетных видов деятельности, согласующихся с положениями профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» [17]. К ним отнесены: организация воспитательных мероприятий (включая события согласно федеральному календарному плану и в контексте российских духовно-нравственных ценностей); активное вовлечение обучающихся в социально значимую и творческую деятельность, Российское движение детей и молодежи «Движение первых», олимпиады и конкурсы; а также создание центров детских инициатив. Полученные данные свидетельствуют о существенном дисбалансе в реализации функциональных обязанностей советников директора по воспитанию. В отличие от активно реализуемых направлений, связанных с организацией мероприятий и вовлечением обучающихся в различные формы активности, наблюдается низкий уровень приоритетности и вовлеченности в деятельность, имеющую фундаментальное значение для системного воспитания, профилактической работы и обеспечения благополучия обучающихся. В частности, низкие показатели по взаи-

модействию с родителями (7%), адресной работе с детьми «группы риска» (7,2%), участию в коллегиальных органах управления (5,2%) и системной профилактике асоциального поведения (4,6%) указывают на наличие значительных профессиональных дефицитов именно в тех областях, которые обеспечивают глубину, индивидуализацию, превентивность воспитательного процесса и его интеграцию в общешкольную стратегию. Это актуализирует необходимость пересмотра акцентов в подготовке и профессиональном развитии советников, с целью усиления их компетенций в сфере межведомственного и внутришкольного взаимодействия, профилактической работы и адресной поддержки обучающихся.

Исследование выявило, что более четверти (28,1%) советников директора по воспитанию проявляют ситуативное участие и недостаточную инициативность в проектировании рабочих программ и календарных планов. Наиболее выраженные профессиональные дефициты связаны со стратегическим целеполаганием (10,3% испытывают сложности в определении четких целей и их соотнесении с общими ориентирами) и контекстным анализом среды (7,7% затрудняются в использовании потенциала уклада организации и учете запросов стейкхолдеров при планировании событий). При этом отмечается преобладание операционного подхода (12% выборов по планированию сроков) над концептуальным. Выявленные дефициты указывают на системные проблемы в стратегических, аналитических и коммуникативных компетенциях советников при разработке воспитательных программ, что требует целенаправленной корректировки их профессиональной подготовки.

Оценка профессиональных компетенций советников директора по воспитанию в сфере организации воспитательных событий выявила двойственную картину. При активном участии в реализации мероприятий фиксируются дефициты в применении инновационных технологий, разработке авторских сценариев и эффективных приемов мотивации обучающихся. Однако реализация федеральных календарных планов и мероприятий (включая «Разговоры о важном») демонстрирует высокую успешность, что обусловлено наличием всестороннего методического сопровождения, разработанного содержания и четких организационных условий. Полученные данные свидетельствуют о профессиональной зависимости советников от директивных указаний и готовых методических материалов, обеспечивающих успешность в реализации стандартных воспитательных событий.

При этом явно прослеживается дефицит автономных компетенций в проектировании, инновационном подходе и развитии внутренней мотивации обучающихся к участию, что ограничивает их способность к созданию уникальных, авторских воспитательных пространств.

В ходе исследования взаимодействия советника директора по воспитанию в области поддержки детских инициатив, самореализации детей и молодежи 50,7% респондентов отметили, что владеют только некоторыми методами и приемами выявления и поддержки детских инициатив. Анализ ответов респондентов на вопрос «Какие направления деятельности реализуются Вами для укрепления гражданско-патриотической позиции обучающихся?» позволил констатировать владение широким спектром средств, которые используются в практике работы советника директора по воспитанию, и высокую частоту проведения мероприятий. Важно отметить, что в регионе советники директора по воспитанию редко (49,7%) проводят событийные мероприятия, основанные на традициях национального наследия. Данный факт актуализирует проблему включения элементов национальных обычаяев, праздников и фольклора в воспитательную деятельность образовательной организации, что позволит повысить интерес школьников к изучению родного края и укрепить чувство патриотизма.

Эффективность работы советника директора по воспитанию с ученическим самоуправлением обеспечивается через вовлечение в ученическое самоуправление обучающихся, реализацию проектов, направленных на развитие инициативности и лидерских качеств обучающихся, содействие установления контактов органов ученического самоуправления с детскими общественными объединениями. Затруднения в работе с ученическим самоуправлением связаны с реализацией проектов, направленных на развитие инициативности и лидерских качеств участников ученического самоуправления (20,2%), дефицитом знаний о новых формах ученического самоуправления и их сопровождением, что отметили 9,4% опрошенных, а также с использованием методов для привлечения обучающихся в органы ученического самоуправления – 17,5% респондентов.

В ходе исследования были определены дефициты в знаниях и умениях советников директора по воспитанию, которые необходимы для выполнения должностных обязанностей. Особые затруднения вызывают умения использовать методы и приемы вовлечения обучающихся в деятельность

ность детских общественных объединений и воспитательные события, взаимодействие с педагогическим коллективом и родительским сообществом по вопросам воспитания детей. Советники испытывают дефициты при организации работы с детским активом и ученическим самоуправлением. В некоторых районах республики вовлечение обучающихся в деятельность детских общественных объединений затруднено территориально, что определяет специфику деятельности советников в данных условиях.

Особого внимания заслуживают результаты диагностики по аспекту участия советника в подготовке и проведении мероприятий, направленных на профилактику асоциального и деструктивного поведения обучающихся, поддержку обучающихся, находящихся в сложной жизненной ситуации. Согласно этим результатам, можно констатировать, что советники по воспитанию участвуют в организации данного направления, но круг решаемых задач в данном направлении деятельности советника ограничен.

Экспертное оценивание деятельности советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями со стороны администрации, педагогических работников и родительского сообщества определило дефициты в организации взаимодействия с коллегами и родителями по вопросам воспитания детей, что связано с ограниченностью использования форм взаимодействия, установления доверительных отношений с родителями, вовлечения родителей в активную жизнь образовательной организации.

Заключение

В процессе исследования были выявлены профессиональные дефициты в деятельности советников по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями, которые выражаются в использовании современных воспитательных практик, инновационных технологий, активных приемов мотивации обучающихся к участию в воспитательных событиях в условиях реализации новой философии воспитания, в умении использовать методы и приемы вовлечения обучающихся в деятельность детских общественных объединений, в поддержке детских инициатив и самодеятельности, сопровождении новых форм ученического самоуправления, владении методами профилактики и реагирования на буллинг и кибербуллинг. Проблемной зоной в деятельности советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями

является работа с родительским сообществом. Основной формой взаимодействия с родителями по-прежнему остается родительское собрание при совместном проведении с классным руководителем. Явным дефицитом в данном аспекте деятельности является использование интерактивных форм работы с родителями; советники испытывают сложности в установлении доверительных контактов с родителями по вопросам воспитания детей.

Список литературы

1. Лаврентьева О.А. Компетентностная модель деятельности советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями // Социально-политическое исследование. 2023. № 3 (20). С. 110-122. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentnostnaya-model-deyatelnosti-sovetnika-direktora-po-vospitaniiyu-i-vzaimodeystviyu-s-detskimi-obschestvennymi-obedineniyami> (дата обращения: 26.10.2025).
2. Ромм Т.А. Историко-культурные предпосылки формирования современного образа советника по воспитанию // Сибирский педагогический журнал. 2023. № 5. С. 14-25. URL: <http://sp-journal.ru/article/14208> (дата обращения: 26.10.2025).
3. Сташкевич И.Р., Крупинова Е.О. Система профессионального развития: роль советника по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями в профессиональной образовательной организации // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2023. № 2 (50). С. 53-59. URL: [https://prof-obj42.ru/Archives/2\(50\)2023.pdf](https://prof-obj42.ru/Archives/2(50)2023.pdf) (дата обращения: 26.10.2025).
4. Лаврентьева О.А., Скрыпникова Е.М., Дейч Б.А., Лаврентьева З.И. Деятельность советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными организациями: оценка ожиданий и потенциала совершенствования воспитательной работы с обучающимися // Science for Education Today. 2023. Т. 13. № 6. С. 7-36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deyatelnost-sovetnika-direktora-po-vospitaniiyu-i-vzaimodeystviyu-s-detskimi-obschestvennymi-organizatsiyami-otsenka-ozhidaniy-i/viewer> (дата обращения: 28.10.2025).
5. Николина В.В., Лошилова А.А. Критерии оценки эффективности воспитательной деятельности советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями // Вестник Мининского университета. 2024. Т. 12. № 4 (49). С. 6-16. URL: <https://www.minin-vestnik.ru/jour/article/view/1685> (дата обращения: 28.10.2025).
6. Бетильмерзаева М.М., Мусханова И.В. Статический статус советника директора по воспитанию в современной школе: взгляд обучающихся и их родителей // Перспективы науки и образования. 2023. № 2 (62). С. 330-350. URL: <https://rpjournal.wordpress.com/2023/05/01/betilmerzaeva-3/> (дата обращения: 28.10.2025).
7. Пьянкова А.Е. Должностные обязанности советника по воспитанию // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 3 (64). С. 359-362. URL: <https://vestnik.volbi.ru/upload/numbers/364/article-364-3806.pdf> (дата обращения: 26.10.2025).
8. Скрыпникова Е.М. Актуальные направления деятельности советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями // Вестник педагогических инноваций. 2023. № 3 (71). С. 90-101. URL: https://www.vestnik-pi.ru/tu/2023_3_8r/ (дата обращения: 25.10.2025).
9. Гешко О.А. Формирование воспитательной среды образовательной организации: опыт и навыки советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными организациями // Казанская наука. 2025.

- № 6. С. 184–187. URL: <https://www.kazanscience.ru/sbornik> (дата обращения: 26.10.2025).
10. Волкова И.С., Неволина В.В. Управление методическим объединением советников директора по воспитанию с детскими общественными объединениями // Глобальный научный потенциал. 2024. № 10 (163). С. 206–209. URL: [http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/163/g-n-p-10\(163\)-main.pdf](http://globaljournals.ru/assets/files/journals/global-scientific-potential/163/g-n-p-10(163)-main.pdf) (дата обращения: 26.10.2025).
11. Матова Т.С. Научное обоснование педагогических условий создания советниками директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями единого общероссийского воспитательного пространства // Вестник педагогических инноваций. 2025. № 2 (78) С. 53–64. URL: https://www.vestnik-pi.ru/ru/2025_2_5r/ (дата обращения: 26.10.2025).
12. Богдаши А.В., Соловьева Т.О. Специфика взаимодействия советников директора по воспитанию с родительским сообществом // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2023. № 2 (39). С. 140–145. URL: [https://vestnik-omgpu.ru/volume/2023-2-39/vestnik_2\(39\)2023_140-145.pdf](https://vestnik-omgpu.ru/volume/2023-2-39/vestnik_2(39)2023_140-145.pdf) (дата обращения: 26.10.2025).
13. Боярская Ю.В. Взаимодействие советника директора по воспитанию с классным руководителем: ключевые аспекты и практические рекомендации // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 4. С. 103–107. URL: <https://top-technologies.ru/pdf/2025/4/40372.pdf> (дата обращения: 26.10.2025). DOI: 10.17513/snt.40372.
14. Кузина Н.С. Особенности взаимодействия советника директора по воспитанию, классного руководителя и педагога-психолога как предпосылка влияния на личностное развитие в классном коллективе // Поволжский педагогический поиск. 2025. № 2 (52). С. 105–115. URL: <https://journal-ppp.ulspu.ru/wp-content/uploads/2025/08/2.52-pdf-A.pdf> (дата обращения: 26.10.2025).
15. Воробьева О.С. Объективизация процесса патриотического воспитания младших подростков во внеучебной деятельности. авторф. дисс. канд. пед. наук. Череповец, 2023. 24 с. URL: https://yspu.org/images/c/c0/Автореф-диссертации_Воробьевой_ОС.pdf (дата обращения: 26.10.2025).
16. Иваннова И.В., Макарова В.А., Астанова Л.Г., Буслаева Е.Н. Воспитание детей и молодёжи: тенденции и решения: монография. М.: Инфра-М, 2025. 183 с. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=450450> (дата обращения: 26.10.2025). ISBN: 978-5-16-018627-6.
17. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 30 января 2023 г. № 53н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области воспитания». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444827> (дата обращения: 26.10.2025).

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 выполнения государственного задания Минпросвещения России на выполнение научно-исследовательских работ по теме «Научно-методическое сопровождение подготовки советника директора по воспитанию и взаимодействию с детскими общественными объединениями в условиях регионального образовательного пространства» (соглашение № 073-03-2025-049/3 от 26.09.2025 г.).

Financing: The study was carried out as part of the state assignment of the Ministry of Education of the Russian Federation for the implementation of research work on the topic “Scientific and methodological support for the training of an advisor to the director on education and interaction with children’s public associations in the context of the regional educational space” (agreement No. 073-03-2025-049/3 dated September 26, 2025).

УДК 378.147
 DOI 10.17513/snt.40662

**ДИАЛОГ КАК СПОСОБ ПРЕОДОЛЕНИЯ
 КОММУНИКАТИВНЫХ РАЗРЫВОВ
 В МУЛЬТИКУЛЬТУРНЫХ СТУДЕНЧЕСКИХ ГРУППАХ**

Слепнева Е.В. ORCID ID 0000-0001-6489-8700

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань,
 Российская Федерация, e-mail: elenaslep@mail.ru*

Для современного высшего образования в России характерен устойчивый рост числа студентов из стран ближнего зарубежья. Этот процесс открывает новые возможности, но и создает серьезную проблему в виде глубоких коммуникативных разрывов, требующих специальных педагогических решений. Цель исследования – теоретическое обоснование и разработка модели педагогического диалога, направленного на преодоление системных коммуникативных разрывов в мультикультурных студенческих группах (объединяющих российских студентов и студентов из стран ближнего зарубежья). Для достижения поставленной цели применялись методы: теоретический анализ философских, педагогических и психологических концепций; моделирование, позволившее разработать трехуровневую модель педагогического диалога и ролевую модель преподавателя; структурный анализ коммуникации, направленный на выявление и классификацию типов коммуникативных разрывов. Выявлены и проанализированы лингвистические, паралингвистические, социокультурные и академические барьеры, препятствующие эффективной межгрупповой интеграции и учебному процессу. Разработана и теоретически обоснована многоуровневая модель педагогического диалога, включающая когнитивный, ценностно-смысловой и деятельностный компоненты. Рассмотрена диалогическая практика – структурированная дискуссия, направленная на трансформацию коммуникативных разрывов из источника потенциальных конфликтов в ресурс образовательного процесса. Доказано, что целенаправленное выстраивание диалога способствует не только преодолению барьеров общения, но и развитию кросс-культурной компетентности, академической успешности и формированию инклюзивной образовательной среды.

Ключевые слова: диалог, коммуникативные разрывы, гибридные студенческие группы, поликультурное образование, дискуссия

**DIALOGUE AS A WAY TO OVERCOME COMMUNICATION GAPS
 IN MULTICULTURAL STUDENT GROUPS**

Slepneva E.V. ORCID ID 0000-0001-6489-8700

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 “Kazan National Research Technological University”, Kazan,
 Russian Federation, e-mail: elenaslep@mail.ru*

Modern higher education in Russia is characterized by a steady increase in the number of students from neighboring countries. This process opens up new opportunities, but also creates a serious problem in the form of deep communication gaps that require special pedagogical solutions. The purpose of the research is to theoretically substantiate and develop a model of pedagogical dialogue aimed at overcoming systemic communication gaps in multicultural student groups (uniting Russian students and students from neighboring countries). To achieve this goal, the following methods were used: theoretical analysis of philosophical, pedagogical and psychological concepts; modeling, which made it possible to develop a three-level model of pedagogical dialogue and a teacher's role model; structural analysis of communication aimed at identifying and classifying types of communication gaps. Linguistic, paralinguistic, sociocultural, and academic barriers that hinder effective intergroup integration and the learning process are identified and analyzed. A multilevel model of pedagogical dialogue has been developed and theoretically substantiated, including cognitive, value-semantic and activity components. The article considers dialogic practice – a structured discussion aimed at transforming communication gaps from a source of potential conflicts into a resource of the educational process. It is proved that purposeful dialogue building contributes not only to overcoming communication barriers, but also to the development of cross-cultural competence, academic success and the formation of an inclusive educational environment.

Keywords: dialogue, communication gaps, hybrid student groups, multicultural education, discussion

Введение

Современное российское высшее образование характеризуется усилением процессов интернационализации, ключевым проявлением которых стал устойчивый рост числа студентов из стран ближнего зарубежья. Формирование мультикультурных студенческих групп [1], объединяющих

российских обучающихся и представителей различных культурно-образовательных традиций постсоветского пространства, превратилось в объективную реальность для большинства вузов. Указанный процесс обладает выраженной амбивалентностью. С одной стороны, он создает значительный педагогический и социокультурный

потенциал. Это проявляется в обогащении академической среды за счет множественности перспектив, развитии межкультурной компетентности всех участников образовательного процесса и укреплении научно-образовательных связей на международном уровне [2]. С другой стороны, гетерогенность такого рода групп порождает комплекс структурных и коммуникативных трудностей. Основным вызовом является возникновение глубоких коммуникативных разрывов, что способствует формированию изолированных микрогрупп, снижению эффективности совместной учебной деятельности и необходимости разработки специальных педагогических и психологических механизмов интеграции.

Под коммуникативными разрывами в данном контексте понимают системные рассогласования в процессах смыслопорождения и понимания между участниками образовательного процесса, обусловленные различиями в языковой практике, академических культурах, социокультурных нормах и ценностных ориентациях. Эти разрывы не сводятся к простому недопониманию на бытовом уровне; они носят структурный характер и способны блокировать эффективное учебное взаимодействие, приводить к академической изоляции иностранных студентов, формированию замкнутых диаспоральных групп и росту межгрупповой напряженности [3].

Актуальность исследования обусловлена диссонансом между масштабом явления и недостаточной разработанностью педагогических технологий, направленных на преодоление коммуникативных барьеров. Существующие подходы часто ограничиваются мероприятиями по социально-бытовой адаптации, не затрагивая академической и межличностной коммуникации. В этой связи обращение к диалогу как инструменту преодоления коммуникативных разрывов в мультикультурных группах представляется не только перспективным, но и необходимым.

Цель исследования – теоретическое обоснование и разработка модели педагогического диалога, направленной на преодоление системных коммуникативных разрывов в мультикультурных студенческих группах (объединяющих российских студентов и студентов из стран ближнего зарубежья).

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовался комплекс методов:

– теоретический анализ – анализ философских, педагогических и психологических концепций для построения методологического фундамента;

– моделирование реализовано посредством разработки трехуровневой модели педагогического диалога (когнитивный, ценностно-смысовой, деятельностный) и ролевой модели преподавателя;

– метод структурного анализа коммуникации основан на выявлении и классификации типов коммуникативных разрывов (лингвистические, академические, социокультурные, психологические).

Педагогический эксперимент проводился на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в 2022–2025 гг. В исследовании приняли участие 124 студента бакалавриата, из которых 68 студентов – граждане стран СНГ (Туркменистан, Узбекистан, Таджикистан); 56 студентов – носители русского языка.

Результаты исследования и их обсуждение

Центральной для данного исследования является идея М.М. Бахтина о диалогической природе человеческого сознания [4]. Согласно Бахтину, «быть – значит общаться диалогически», следовательно, личность формируется и проявляет себя исключительно в пространстве диалога и взаимодействия. Основным является бахтинское понятие «другого» как необходимого условия для саморефлексии и обретения собственного «голоса» [5]. В мультикультурных группах это означает, что ни российский, ни иностранный студент не могут быть поняты и не могут развиваться вне отношений друг с другом. Их идентичности находятся в постоянном взаимном «со-творчестве». «Другой» – это не просто иностранец, а носитель иной культурной логики, чье присутствие заставляет каждого участника пересматривать собственные, незыблевые культурные и когнитивные установки. Преодоление коммуникативного разрыва, таким образом, есть не устранение различия, а установление продуктивных отношений с этим различием.

Важнейшую роль играет концепция «небалиби в бытии» [6]. В диалогическом подходе ни преподаватель, ни студент не могут снять с себя ответственность за происходящее в образовательном пространстве. Пассивность, отказ от высказывания, уход в свою культурную группу – это формы «алиби», попытка избежать ответственной встречи с инаковостью.

Работа [7] автора посвящена систематическому изложению философской антропологии Мартина Бубера, центральным понятием которой является диалог как универсальная форма существования человека.

В контексте данного исследования особое значение приобретает фундаментальное буберовское различие двух форм взаимоотношений: «Я – Ты» и «Я – Оно». Коммуникативный разрыв возникает и углубляется тогда, когда участники взаимодействия относятся друг к другу по схеме «Я – Оно», то есть воспринимают партнера как объект, функцию, представителя категории (иностранец, российский студент). Подлинный диалог возможен только в отношениях «Я – Ты», где другой воспринимается как целостная, уникальная личность, вступающая со мной в непосредственный, живой контакт. Задача педагога – создать условия для перехода от объективирующего общения к встречному.

В интерпретации авторов [8, 9], вслед за Гадамером, понимание достигается не через преодоление дистанции, а в «слиянии горизонтов» интерпретатора и традиции. Этот процесс носит характер бесконечного диалога, опосредованного языком. Каждый участник мультикультурной группы обладает своим «горизонтом предпонимания», сформированным его культурой, языком, образовательным опытом.

Коммуникативный разрыв можно концептуализировать как социокультурный феномен, возникающий при столкновении (интерференции) дифференцированных систем значений, ожиданий и интерпретативных моделей. Преодоление разрыва – не устранение одного горизонта другим (например, подчинение «иностранных» горизонта «российскому»), а их диалогическое взаимодействие, в результате которого рождается новый, общий смысл, не сводимый к исходным позициям. Образовательный процесс в мультикультурной группе следует рассматривать как непрерывную герменевтическую работу по слиянию горизонтов, где и преподаватель, и студенты являются активными интерпретаторами.

Инструментом этой работы является вопросно-ответная структура диалога. Искусство задавать вопросы, ставить под сомнение очевидное, обращаться к другому за разъяснением – основная компетенция как педагога, так и студента в мультикультурной среде.

Коммуникативные разрывы в условиях мультикультурной студенческой группы представляют собой не совокупность ситуативных недопониманий, а сложную структурированную систему рассогласований, детерминирующую все уровни академической интеракции. Эти разрывы можно условно свести к четырем ключевым типам, каждый из которых вносит свой вклад в общую картину отчуждения.

Наиболее репрезентативными в количественном и диагностическом отношении выступают лингвистические и паралингвистические разрывы [10]. Воспринимаемое языковое единство в мультикультурной академической среде является иллюзорным. За формальным использованием общего лингвистического кода скрывается глубинный семантико-прагматический разрыв, обусловленный различиями в культурных моделях, дискурсивных практиках и системах пресуппозиций участников коммуникации. Российские студенты и преподаватели, не задумываясь, используют сленг, идиомы, культурные отсылки, которые для иностранных студентов превращаются в загадочный шифр. На невербальном уровне свои корректиды вносят темп речи, интонации и жесты, которые могут быть прочитаны совершенно противоположным образом.

Эти поверхностные лингвистические сложности упираются в более глубокий пласт – академические разрывы. Они обусловлены тем, что студенты приезжают из разных образовательных систем, где веками складывались свои уникальные академические культуры. Для иностранных студентов преподаватель – это непрекаемый авторитет, и задавать ему вопросы или оспаривать его мнение на семинаре немыслимо. Это приводит к поразительной для российской аудитории пассивности. Совершенно по-разному может пониматься сама суть академической деятельности: пока одни готовы к дискуссиям и проектным заданиям, другие ждут, что преподаватель будет читать лекцию у доски, а они молча конспектировать.

Самые болезненные и трудно преодолимые – социокультурные разрывы [11]. Они коренятся в фундаментальных различиях менталитета, норм и ценностей. В одних культурах ценность коллектива и групповой солидарности неизмеримо выше, чем индивидуальной инициативы, что напрямую влияет на готовность работать в команде и высказывать личное мнение. Разное отношение ко времени, гендерным ролям, семье и карьере создает невидимые, но прочные барьеры в повседневном общении.

Кумулятивным эффектом описанных лингвистических, академических и социокультурных рассогласований становится формирование четвертого, интегративного типа – психологических разрывов [12]. Иностранный студент оказывается в состоянии перманентного стресса, вызванного аккультурационным шоком. Это состояние обусловлено, во-первых, коммуникативной тревожностью, которая основана на устойчивом страхе совершить языковую или праг-

матическую ошибку, опасении быть подвергнутым негативной оценке или неверной интерпретации в межкультурной коммуникации. Во-вторых, когнитивная перегрузка становится его постоянным спутником: необходимо одновременно решать задачи по усвоению академического содержания и преодолевать лингвокультурные барьеры. В-третьих, в целях психологической самозащиты студенты часто избирают стратегию интроверсии в рамках диаспоральных сообществ, что минимизирует непосредственное межкультурное взаимодействие и тем самым консервирует исходные коммуникативные разрывы, создавая замкнутый круг дезадаптации.

Преодоление этой сложной, многоуровневой системы барьеров требует системного подхода. Речь идет не о разовых мероприятиях, а о выстраивании целостной модели педагогического диалога [13], которая работает на трех взаимосвязанных уровнях.

Когнитивный диалог представляет собой первый и фундаментальный уровень работы с мультикультурной группой. Его цель – добиться базового взаимопонимания, создать общее семантическое поле и договориться о правилах интерактивного взаимодействия [14]. Эффективными инструментами реализации данного подхода являются: коллективная выработка механизма контрактного диалога и создание совместного вики-глоссария для синхронизации терминологических систем участников образовательного процесса. Нивелирование исходного когнитивно-коммуникативного барьера обеспечивается такими методами, как парное культурное наставничество и процедура коллективной реконструкции смысла, в рамках которых происходит адаптивное упрощение и разъяснение академического дискурса.

Формальной координации взаимодействия недостаточно для преодоления глубинных коммуникативных барьеров. Страгетически необходимым является переход к ценностно-смысловому диалогу, который выступает пространством взаимного познания и трансформации через конфронтацию и взаимообогащение понимания [15]. Данный уровень реализуется посредством нескольких интерактивных методов. Сравнительный кейс-анализ, при котором один объект исследования для выявления культурной обусловленности интерпретаций подвергается мультиперспективному анализу с позиций различных национально-культурных контекстов, эксплицируя укорененность интерпретаций в ценностных системах. Структурированные дискуссии на проблемные темы, регламент которых

целенаправленно формирует навыки цивилизованной полемики, аргументации и признания легитимности альтернативных позиций. Нерегламентированные дискурсивные практики, фокусирующиеся на обмене личным опытом в сфере бытовой культуры, семейных традиций и коммуникативных норм. Эти практики выполняют важную функцию дестереотипизации, способствуя персонификации восприятия «другого» и переходу от категориального к личностному уровню взаимодействия.

Подлинная интеграция происходит лишь на третьем, деятельностном уровне диалога [16]. Доверие и общая идентичность рождаются не в дискуссиях, а в совместном действии, в создании общего продукта. В связи с этим основополагающим принципом методологии является организация проектной деятельности в специально сконструированных межкультурных группах, где достижение общего результата обусловлено необходимостью личного вклада каждого участника. Данная техника, моделируя ситуацию структурной взаимозависимости, при которой каждый участник становится носителем уникальной информации, трансформирует групповую динамику: она демонтирует стихийные иерархии и формирует объективную необходимость интенсивной коммуникации для достижения общей цели. Совместная внеучебная деятельность – квесты, экскурсии, волонтерство – способствует снижению социально-психологической напряженности и преодолению коммуникативных барьеров между участниками. Рефлексивные семинары, посвященные анализу предметных результатов и процессов групповой динамики, выполняют ключевую функцию систематизации позитивного опыта и осмысливания преодоленных коммуникативных трудностей.

В процессе работы в мультикультурных студенческих группах особая роль отводится структурированной дискуссии как педагогическому инструменту, принципиально отличному от спонтанного, нерегламентированного обмена репликами. Ее сущность заключается не в простом предоставлении пространства для высказываний, а в целенаправленном конструировании такого коммуникативного поля, где сама структура взаимодействия направляет его содержание и гарантирует достижение дидактических целей [17]. В отличие от свободной полемики, где доминирование более активных или риторически подготовленных участников может исказить процесс коллективного мышления, структурированная дискуссия легитимизирует плюрализм через систему формальных правил, ролей и процедур.

Фундаментальным основанием для применения данного метода служит понимание того, что продуктивный диалог, особенно в межкультурной или мировоззренчески неоднородной аудитории, редко возникает спонтанно. Стихийная дискуссия может принять деструктивный характер, трансформируясь в хаотичный спор, где коммуникативные разрывы не преодолеваются, а усиливаются, что способствует углублению взаимного непонимания и окончательному закреплению сторон на первоначальных, часто противоположных, позициях. Структурированная дискуссия выполняет роль когнитивного каркаса, позволяя преобразовать выявленные смысловые или позиционные разрывы из потенциального источника конфронтации в предмет коллективного рефлексивного осмысления и анализа. Жесткие рамки: регламент, четко прописанные фазы обсуждения, распределение специфических ролей (модератор, критик, синтезатор, хранитель времени) или следование конкретной методике – создают безопасную среду, в которой снята личная ответственность за отставивание исключительно собственной точки зрения. Это побуждает участников к интеллектуальному эксперименту и выходу за пределы привычных когнитивных схем [11].

Применение классической методики «Шести шляп мышления» Эдварда де Боно [18] организует когнитивный процесс таким образом, что каждый участник дискуссии последовательно активирует различные режимы обработки информации: эмоциональный, критический, оптимистический, креативный и др. В результате коммуникация приобретает характер не межличностного противостояния, а структурированного коллективного исследования проблемы через систему фиксированных аналитических перспектив. Данный формат предотвращает редукцию дискуссии к бинарной конфронтации позиций, поскольку он институционализирует полиперспективность, трансформируя множественность точек зрения из потенциального дестабилизирующего фактора в нормативную и процедурную основу взаимодействия. В такой модели участник, выполняющий, например, роль «критической шляпы», осуществляет скептический анализ не в силу личных убеждений, а в рамках предписанной функциональной роли в коллективном мыслительном процессе. Это приводит к деперсонализации критики и переносу фокуса обсуждения с вопроса «Кто прав?» на проблемно-ориентированный анализ – «Какой эвристический потенциал содержит аналитическая позиция?».

Схожим операциональным принципом обладают институционализированные форматы дискуссионных практик, такие как структурированные дебаты и модель «Сократического круга». В дебатах процедурный регламент имплицитно предписывает участникам не только продуцирование аргументов в защиту собственной позиции, но и обязательную респонсивную работу с контрагументацией оппонента. В рамках «Сократического круга» высказывание каждого последующего участника требует эксплицитной связи с тезисом предыдущего, предполагая либо его развитие, либо проблематизацию в форме «мягкого» оспаривания [19]. Подобные форматы целенаправленно формируют не только дискурсивные навыки, но, в более фундаментальном плане, развивают способность к рецептивной коммуникации – умению воспринимать, деконструировать и интегрировать альтернативные логические конструкции в ткань собственного рассуждения.

Следовательно, образовательный потенциал структурированной дискуссии выходит за рамки дидактической передачи предметного знания. Она конституируется как модельная среда для формирования межпредметных компетенций, включающих способность к кооперативному поиску решений, ведению продуктивной полемики, построению верифицируемой аргументации и, что наиболее значимо, рефлексивному анализу собственных коммуникативных стратегий и групповой динамики. Таким образом, формальная структура дискуссии выполняет не запретительную, а разрешающую функцию: она выступает необходимым условием для непроизвольного, но содержательно насыщенного и поливекторного проявления коллективной мыслительной деятельности. В этом качестве учебное пространство трансформируется в лабораторию, где апробируются и рефлексируются модели социально-интеллектуального взаимодействия.

Для сбора и анализа данных применялся следующий диагностический инструментарий:

- экспертная оценка творческих работ (эссе) обучающихся. Для оценки использовался адаптированный метод экспертных оценок, предполагающий анализ проектов по заданным критериям: оригинальность, глубина проработки, практическая значимость, интеграция различных культурных перспектив;
- контент-анализ дискуссионных процессов на основе разработок Р.Ф. Бейлза, модифицированных для педагогического контекста, критериями оценки служили

следующие категории: выдвижение конструктивных идей, аргументация с учетом позиции другого, глубина раскрытия темы, вопросы на уточнение и понимание;

– включенное структурированное наблюдение за академическим взаимодействием в аудиторных условиях с использованием карты наблюдения за коммуникативными сбоями и стратегиями их преодоления, разработанная на основе принципов метода фиксированного наблюдения;

– метод семантического дифференциала Ч. Осгуда, адаптированный для оценки восприятия представителя иной культуры. Использовались шкалы, измеряющие факторы «Оценка», «Сила», «Активность»;

– адаптированный опросник «Диагностика диалогической личности» Л.В. Байбординой, М.И. Рожкова, включающий шкалы – эмпатия, гибкость в общении, готовность к кооперации, рефлексия коммуникации.

Результаты педагогического эксперимента представлены в таблице.

Показатель эффективности продуктивности совместной деятельности определялся как разность средних баллов экспериментальной и контрольной групп в посттесте, выраженная в процентах от результата контрольной группы. По результатам расчета показатель составил 34 %.

Для вычисления показателя качества групповой дискуссии определяли индекс качества дискуссии (ИКД) как отношение количества конструктивных речевых актов (по выделенным категориям) к общему количеству высказываний. Процентный рост показал увеличение ИКД в экспериментальной группе на 26 % по сравнению с исходным уровнем.

Показатель автономности в преодолении сбоев рассчитывался как доля сбоев, преодоленных группой самостоятельно (без вмешательства педагога), от общего числа зафиксированных сбоев. Рост на 68 % указывает на значительное повышение групп-

овой саморегуляции и коммуникативной компетентности.

Для определения показателя снижения стереотипизации определялся индекс стереотипности (ИС) как степень поляризации оценок по оценочным шкалам. Отрицательный показатель эффективности (-29 %) отражает значительное снижение ИС в экспериментальной группе по сравнению с контрольной, что интерпретируется как уменьшение ригидности и упрощенности восприятия «другого».

Показатель эффективности самооценки диалогических компетенций – процентный прирост среднего балла по всем шкалам в экспериментальной группе между началом и концом эксперимента. Рост на 21 % свидетельствует о позитивной субъективной оценке участниками своего коммуникативного роста.

Полученные эмпирические данные подтверждают теоретический тезис о том, что преодоление системных коммуникативных разрывов в мультикультурной среде является не технической, а смыслопорождающей деятельностью. Рост продуктивности совместной деятельности и трансформация коммуникации свидетельствуют о процессе формирования общего семантического поля. Результаты эксперимента позволяют утверждать, что предложенная трехуровневая модель диалога является эффективным инструментом перевода потенциального конфликта в ресурс совместного развития и обучения.

Функция преподавателя в мультикультурной среде приобретает качественно иной характер, трансформируясь из традиционной дидактической роли в роль проектировщика образовательного пространства и фасилитатора кросс-культурных взаимодействий [20]. Его основная задача заключается не в монологической трансляции знания, а в концептуальном моделировании и структурировании учебных ситуаций, которые индуцируют необходимость кооперации.

Эмпирические результаты педагогического эксперимента

Критерий оценки	Метод измерения	Показатель эффективности, %
Продуктивность совместной деятельности	Экспертная оценка проектов	+34
Качество групповой дискуссии	Контент-анализ протоколов	+26
Автономность в преодолении сбоев	Наблюдение	+68
Снижение стереотипизации	Семантический дифференциал	-29
Самооценка диалогических компетенций	Опросник самоотчета	+21

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

Преподаватель создает педагогические условия, в которых неучастие и социальная изоляция (молчание) становятся дискомфортными, а продуктивное взаимодействие – процедурно неизбежным и логически обусловленным элементом достижения общей цели. Эффективность проектной деятельности в таком контексте объективно детерминирована способностью участников – например, студента из России и студентки из Туркменистана – преодолевать коммуникативные и когнитивные барьеры, осуществляя взаимопонимание и синтез разнородных перспектив.

Однако создание среды и регламентации является необходимым, но недостаточным условием. Центральной задачей становится управление процессуальной групповой динамикой. Преподавателю необходимо выполнять роль фасilitатора, формирующего диалогическое взаимодействие: целенаправленно создавать условия для включения наименее активных участников и осуществлять мягкую регуляцию доминирующих дискурсов. Обязательным элементом является мониторинг стихийной сегрегации (например, по национальному признаку) и ее педагогически корректная деконструкция через формирование новых рабочих конфигураций. В таких искусственно созданных группах коопeração детерминируется не экстралингвистическими факторами, а функциональной логикой достижения общей цели.

Основополагающей компетенцией преподавателя выступает формирование и поддержание психологической безопасности. Основным барьером для диалога в такой среде является страх коммуникативной неудачи (лингвистической, культурной, когнитивной). Преподаватель должен эмпирически демонстрировать, что ошибка является неотъемлемой частью учебного процесса. Через собственную модель поведения – эмпатичную реакцию, открытость к диалогу и признание плюрализма когнитивных стилей – он легитимирует разнообразие темпов, способов мышления и эмоциональных реакций, транслируя их как ресурс, а не как отклонение.

Стратегической задачей является индукция рефлексивных процессов. Без осмыслиния опыта межкультурного взаимодействия остается событийным и нефункциональным. Преподаватель фасилитирует этот процесс через метавопросы, направленные на анализ групповой динамики и индивидуальных когнитивных и аффективных реакций. Это преобразует стихийный опыт в осознанную межкультурную компетенцию, смещая фокус с предметного

содержания на рефлексию над процессом коммуникации.

Заключение

Исследование теоретически обосновано и эмпирически подтвердило эффективность трехуровневой модели педагогического диалога для преодоления системных коммуникативных разрывов в мультикультурных студенческих группах. Синтез идей диалогической философии и герменевтики позволил переосмыслить цель взаимодействия как «слияние горизонтов» и совместное порождение смыслов, а не устранение различий.

Разработанная модель, реализующая последовательность когнитивного, ценностно-смыслового, деятельностного уровней, обеспечивает переход от создания общего семантического поля к личностно ориентированному взаимодействию и совместному продуктивному творчеству. Главная роль в ней отводится структурированной дискуссии как инструменту, трансформирующему конфликтные разрывы в предмет рефлексивного анализа.

Педагогический эксперимент выявил статистически значимую положительную динамику: продуктивность совместной работы выросла на 34 %, качество дискуссии – на 26 %, автономность в преодолении сбоев увеличилась на 68 %, снижение стереотипизации составило 29 %. Результаты исследования доказывают, что целенаправленное внедрение диалогической модели позволяет трансформировать культурные различия из источника напряженности в ресурс развития, формируя инклюзивную образовательную среду и общее гуманитарное пространство.

Список литературы

1. Булкина Н.А. Совместное обучение российских и зарубежных студентов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 4/1. С. 63–65. EDN: RBEYBH.
2. Зайцева О.Ю., Михайлова О.Ю. Развитие поликультурной компетентности студентов в процессе обучения в вузе // Педагогический вестник. 2018. № 1. С. 40–43. EDN: XVIHJ.
3. Леонтьева Э.О., Чайченко Н.А. Проблемы межкультурной коммуникации в международных студенческих коллективах // Регионалистика. 2016. Т. 3. № 3. С. 23–37. EDN: WYZGCF.
4. Гаспарян Д.Э. Теория «диалогического я» и рецепция идей М. Бахтина в западных теориях сознания // Наука. Искусство. Культура. 2021. Вып. 3 (31). С. 30–48. EDN: PMKNOI.
5. Колесниченко Ю.В. Личность как бытие: концепция личности в ранних философских работах М.М. Бахтина // Вестник ПСТГУ I: Богословие. Философия. 2011. Вып. 4 (36). С. 65–79. EDN: ONVCTZ.
6. Черняк Н. «Не-алиби» в бытии как мировоззренческий принцип // The scientific heritage. 2019. № 41. С. 40–41. EDN: VCGEX.

7. Гуревич П. Философская антропология Мартина Бубера // Философская антропология. 2021. Т. 7. № 2. С. 6–33. DOI: 10.21146/2414-3715-2021-7-2-6-33.
8. Сидорова У.В. Понимание как герменевтический феномен философии Х.Г. Гадамера // Вестник ЮУрГУ. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2010. № 8 (184). С. 141–144. EDN: OFPPWX.
9. Талаева Е.Ю., Пронина Т.С. Понимание как универсальная герменевтическая среда в философии Мартина Хайдеггера и Ханса-Георга Гадамера // Вестник ВГУ. Серия: Философия. 2020. № 2. С. 118–123. EDN: OOENTC.
10. Казаков А.В., Банин В.А., Банина Е.Н. Отношение студентов к мультикультурному образовательному пространству вуза как один из факторов влияния на развитие языковой компетенции // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28326> (дата обращения: 27.11.2025).
11. Бондаренко В.В., Кузнецова Е.В. Механизмы преодоления социокультурного разрыва и фальсификаций в международной среде студенческой молодежи // Вестник университета. 2023. № 10. С. 227–235. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-10-227-235.
12. Николаева И.И. Психолого-педагогические аспекты формирования навыков межкультурного взаимодействия студентов в поликультурной образовательной среде // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26963> (дата обращения: 27.11.2025).
13. Редькина Л.И. Учебный диалог как организующий инструмент единого коммуникативного пространства системы развивающего обучения студентов вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2021. Вып. 71. Ч. 2. С. 309–311. EDN: IAZARG.
14. Мухаметзянова Л.Ю. Когнитивный диалог как человекообразующая стратегия образования // Казанский педагогический журнал. 2021. № 2. С. 34–40. DOI: 10.51379/KPJ.2021.146.3.004.
15. Шарапа И.А., Агасян А.А. Смысловой диалог как технология инициации межличностных смыслов в учебном процессе ВУЗа // Инновационная наука: Психология. Педагогика. Дефектология. 2019. Т. 2. № 2. С. 95–105. URL: <https://www.inov-ppd.ru/jour/article/view/201> (дата обращения: 27.11.2025).
16. Глебова М.В. Развитие продуктивного мышления в условиях диалога: личностно-деятельностный подход // Успехи современного естествознания. 2015. № 9–2. С. 353–357. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35590> (дата обращения: 27.11.2025).
17. Кларин М.В. Технология дискуссии в образовательном процессе // Народное образование. 2015. № 15. С. 139–151. EDN: TWGUCP.
18. Бабкова Т.А. Технология педагогического сопровождения самостоятельной учебной деятельности студентов по освоению креативной техники «шесть шляп мышления» (Э. де Бено) // Образовательные технологии. 2020. № 5. С. 42–56. EDN: VLMGOM.
19. Иванова О.Э., Точилкина О.Э. Сократический диалог как обучение совместному решению проблемы // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2017. Т. 6. № 3 (20). С. 108–111. EDN: ZISRMJ.
20. Тхакушинов А.К., Бибалова С.А. Педагогическое общение в условиях поликультурной образовательной среды вуза // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2018. № 4. С. 137–142. EDN: POKSGL.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 37.032:37.035
 DOI 10.17513/snt.40663

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗУМНОСТЬ И ТОЛЕРАНТНОСТЬ К НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ У СТУДЕНТОВ

Сунько Т.Ю. ORCID ID 0000-0001-9848-7977

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «Московский государственный психолого-педагогический университет», Москва,
 Российская Федерация, e-mail: tasunko@yandex.ru*

В статье изучается проявление психологической разумности, толерантности к неопределенности у студентов ($N = 114$) бакалавриата из нормальной выборочной совокупности ($A < 1$; $E < 1$) в учебно-профессиональной деятельности. Эмпирическое исследование проводилось в 2025 г. на общей выборке студентов психологического вуза в возрасте от 18 до 22 лет ($M = 18,4$; $SD = 1,17$), 98% девушки. Целью исследования являлось установление связей и групповых различий в отношении переменных психологической разумности и толерантности к неопределенности. Гипотезой исследования стало предположение о связи сферы переживаний, открытости изменениям с толерантностью к неопределенности у студентов. Модератором силы связи переменных психологической разумности: открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний – выступает толерантность к неопределенности. В качестве инструмента исследования использовались шкалы «Шкала психологической разумности» в адаптации М. А. Новиковой и «Опросник толерантность к неопределенности» в модификации Т. В. Корниловой. Результаты моделирования подтвердили предположение о связи психологической разумности: открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний, польза обсуждения собственных переживаний с другими – с толерантностью к неопределенности. Толерантность к неопределенности является модератором связей. Открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний выше у студентов при толерантности к неопределенности в учебно-профессиональной деятельности. Групповые различия по психологической разумности: заинтересованность в сфере субъективных переживаний, польза обсуждения собственных переживаний и толерантности к неопределенности не выявлены. Открытость изменениям в сфере переживаний как проявление психологической разумности несколько выше у студентов старше 20 лет. Сферой применения полученных результатов является практика педагогического консультирования.

Ключевые слова: психологическая разумность, открытость изменениям, толерантность к неопределенности, интолерантность к неопределенности, принятие неопределенности

PSYCHOLOGICAL SENSITIVITY AND TOLERANCE OF UNCERTAINTY IN STUDENTS

Sunko T.Yu. ORCID ID 0000-0001-9848-7977

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 “Moscow State Psychological and Pedagogical University”, Moscow,
 Russian Federation, e-mail: tasunko@yandex.ru*

The article studies the manifestation of psychological intelligence and tolerance to uncertainty in undergraduate students ($N = 114$) from a normal sample population ($A < 1$; $E < 1$) in their educational and professional activities. The empirical study was conducted in 2025 on a general sample of students from a psychological and pedagogical university aged 18 to 22 ($M = 18.4$; $SD = 1.17$), with 98 % of the participants being female. The purpose of the study was to establish connections and group differences in relation to the variables of psychological intelligence and tolerance to uncertainty. The study hypothesis was that the sphere of experiences and openness to change would be related to tolerance to uncertainty in students. The moderator of the strength of the connection between the variables of psychological intelligence: openness to change, interest in the sphere of subjective experiences, can be tolerance to uncertainty. As a research tool, the scales “Scale of psychological intelligence” in the adaptation of M.A. Novikova and “Questionnaire of tolerance to uncertainty” in the modification of T.V. Kornilova were used. The results of modeling confirmed the assumption about the connection of psychological intelligence: openness to change, interest in the sphere of subjective experiences, the benefit of discussing one’s own experiences with others with tolerance to uncertainty. Tolerance to uncertainty is a moderator of communication. Students with a high level of tolerance to uncertainty in their educational and professional activities are more open to change and more interested in subjective experiences. Group differences in psychological intelligence: no differences were found in the areas of subjective experiences, the benefits of discussing one’s own experiences, and tolerance for uncertainty. Openness to changes in the area of experiences as a manifestation of psychological intelligence is slightly higher among students over the age of 20. The results obtained can be used in the practice of pedagogical counseling.

Keywords: psychological mindedness, tolerance for ambiguity, tolerance for uncertainty, intolerance for uncertainty, self-understanding

Введение

Неуверенность, поиск опоры часто наблюдаются при становлении личности в учебно-профессиональной деятельности. В исследованиях личностного потенциала под субъективной доступностью внутренних переживаний, определением содержания переживаний рассматривают психологическую разумность [1]. Подобно тому, как под разумностью понимается ясность чувств, мыслей при предпринимаемых действиях, так и к психологической разумности можно отнести предрасположенность к осмыслению мотивации поведения, мыслей, чувств. Психологическая разумность может характеризоваться в качестве способности проявлять заинтересованность в рефлексии психических процессов, понимать значение этих процессов и управлять стрессами в педагогической деятельности [2]. По Т.В. Корниловой, М.А. Новиковой, психологическая разумность как когнитивно окрашенная переменная связана с толерантностью и интолерантностью к неопределенности, поскольку психологическая разумность открывает неоднозначную информацию для восприятия, делает доступным внутренний опыт [3; 4].

Т.В. Корнилова определяет толерантность к неопределенности подобно интегральной личностной характеристике, включающей готовность принимать неизвестное, необычное, изменчивое и действовать в условиях неуверенности [5]. Однако только в начале обучения, в условиях неясности академической успешности, толерантность к неопределенности связана с благополучием [6; 7]. При этом проявление неопределенности устанавливается как принятие условий неопределенности, а избегание неопределенности и стремление к ясности представляется как интолерантность к неопределенности. Это согласуется с тем, что толерантность и интолерантность к неопределенности составляют латентную переменную принятия неопределенности, по Е.А. Крюковой, Т.В. Корниловой [8]. Интолерантность к неопределенности может проявляться и через отрицание или подчинение обстоятельствам в новых условиях. Поэтому толерантность к неопределенности и интолерантность к неопределенности рассматривают как самостоятельные личностные характеристики [9].

Вклад внутренней мотивации, субъективного благополучия в проактивную направленность личности студентов ранее рассматривался автором при выделении связей смыслового проактивного отношения к будущему, внутренней мотивации, удовлетворенности жизнью, психологи-

ческой разумности, толерантности к неопределенности у молодежи при решении учебно-профессиональных задач в вузе [10]. Вслед за Е.В. Красновым, Т.В. Корниловой представляется значимым изучение проявления психологической разумности через сферу переживаний, открытость изменениям, толерантность к неопределенности для построения результативной учебно-профессиональной деятельности [11].

Цель исследования – анализ связей и групповых различий переменных психологической разумности, толерантности и интолерантности к неопределенности.

Материалы и методы исследования

В качестве респондентов были выбраны студенты-первокурсники ($N = 114$) факультета клинической и специальной психологии ФГБОУ ВО МГППУ в апреле 2025 г.: 98,2 % (112) девушек и 1,8 % (2) юноши; средний возраст = 18 лет ($M = 18,4$, $SD = 1,17$); 74,6 % (85) дефектологов, 25,4 % (29) психологов. Выборку студентов определила доступность групп первокурсников, ожидание в проявлении психологической разумности, толерантности и интолерантности к неопределенности. Респонденты участвовали в анкетировании посредством Google Forms индивидуально с применением психодиагностических методик:

«Шкала психологической разумности» (в переводе М.А. Новиковой) измерение заинтересованности в мотивации и поведении окружающих со степенью согласия по 4-балльной шкале [4].

«Опросник толерантности к неопределенности» (модификация Т.В. Корниловой) измерение свойств толерантности к неопределенности, интолерантности к неопределенности с оценкой по 7-балльной шкале [9].

Статистический анализ проведен программой Jamovi с применением пакета SEM, метода описательной статистики, анализа корреляций по критерию Пирсона, оценки равенства средних, анализа различий по t-критерию Стьюдента, анализа сравнений по критерию Шеффе, однофакторного дисперсионного анализа ANOVA, анализа регрессий. К зависимым переменным была отнесена толерантность к неопределенности, к независимыми переменным – психологическая разумность.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ связей переменных по критерию Пирсона демонстрирует значимые умеренные положительные связи шкал психологической разумности: открытость изменениям, заинтересованность в сфере

субъективных переживаний с переменными толерантности и интолерантности к неопределенности. Показатели психологической разумности по шкале пользы обсуждения собственных переживаний с другими связаны слабыми связями с толерантностью и интолерантностью к неопределенности. Однако положительная связь между показателями психологической разумности: от-

крытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний, польза обсуждения собственных переживаний с другими – не достигает статистической значимости. Слабая положительная связь наблюдается между показателями толерантности и интолерантности к неопределенности. Результаты корреляционного анализа по критерию Пирсона представлены в табл. 1.

Таблица 1
Корреляционный анализ Пирсона по переменным шкалам психологической разумности, толерантности к неопределенности

Переменные	ПР: открытость изменениям	ПР: заинтересованность в сфере субъективных переживаний	ПР: польза обсуждения собственных переживаний с другими	Толерантность к неопределенности
ПР: заинтересованность в сфере субъективных переживаний	0,255**	–	–	–
ПР: польза обсуждения собственных переживаний с другими	0,175	0,038	–	–
Толерантность к неопределенности	0,426***	0,337***	0,252**	–
Интолерантность к неопределенности	0,336***	0,331***	0,126	0,174

Примечание: *** – $p < 0,001$, ** – $p < 0,01$, * – $p < 0,05$.

Составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

Таблица 2
Оценка различий переменных психологической разумности, толерантности к неопределенности по группам

Переменные	Группы	N	M	SD	t	df	p	Cohen's d	effect size r
ПР: открытость изменениям	дефектологи	85	13,9	2,28	-0,50	112	>0,05	-0,11	0,05
	психологи	29	14,2	2,28					
ПР: заинтересованность в сфере субъективных переживаний	дефектологи	85	21,5	3,83	1,14	112	>0,05	0,25	-0,11
	психологи	29	20,6	4,21					
ПР: открытость изменениям	до 20 лет	101	13,8	2,27	-2,12	112	<0,05	-0,63	-0,19
	старше 20 лет	13	15,2	1,96					
ПР: заинтересованность в сфере субъективных переживаний	до 20 лет	101	21,2	4,00	-0,63	112	>0,05	-0,19	0,06
	старше 20 лет	13	21,9	3,43					
Толерантность к неопределенности	дефектологи	85	54,9	7,83	-0,13	112	>0,05	-0,03	0,01
	психологи	29	55,1	8,33					
Интолерантность к неопределенности	дефектологи	85	64,8	9,59	1,49	112	>0,05	0,32	-0,14
	психологи	29	61,7	10,6					
Толерантность к неопределенности	до 20 лет	101	54,9	7,94	-0,03	112	>0,05	-0,01	0,01
	старше 20 лет	13	55,0	8,09					
Интолерантность к неопределенности	до 20 лет	101	64,0	9,93	0,02	112	>0,05	0,01	-0,01
	старше 20 лет	13	64,0	10,2					

Примечание: *** – $p < 0,001$, ** – $p < 0,01$, * – $p < 0,05$.

Составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

В результате проведения регрессионного анализа выявлено положительное влияние переменных толерантности к неопределенности на психологическую разумность: открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний, польза обсуждения собственных переживаний с другими. Для проверки связей данных переменных применено статистическое моделирование, демонстрирующее: $\chi^2(1) = 35,9$, $df = 3$, $p < 0,001$; CFI = 1,000; TLI = 1,000; RMSEA = 0,000; 95 % доверительный интервал для RMSEA: 0,000–0,000; N = 114. Сила связи по анализу модерации между психологической разумностью: открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний определяется толерантностью к неопределенности. Размер эффекта для открытости изменениям $\beta = 0,331$; заинтересованности в сфере субъективных переживаний $\beta = 0,246$; пользы обсуждения собственных переживаний с другими $\beta = 0,184$ (значимо по показателю психологической разумности: открытость изменениям, $p < 0,001$). Для установления группового влияния определены размеры эффектов по d Коэна и t Пирсона (табл. 2).

Установление зависимости по направлениям подготовки – дефектологи ($N = 85$) и психологи ($N = 29$) – не выявило значимых влияний по показателям психологической разумности: открытость изменениям ($F = 0,25$, $df = 1$, $p > 0,05$), заинтересованность в сфере субъективных

переживаний ($F = 1,19$, $df = 1$, $d > 0,05$), толерантности к неопределенности ($F = 0,02$, $df = 1$, $p > 0,05$), интолерантности к неопределенности ($F = 2,00$, $df = 1$, $p > 0,05$). Полученные размеры эффектов являются относительно низкими для групп дефектологов $\chi^2(1) = 0,02$, $df = 1$, $p < 0,89$; CFI = 1,000; RMSEA = 0,000; N = 85; и психологов $\chi^2(1) = 2,24$, $df = 1$, $p < 0,14$; CFI = 1,000; RMSEA = 0,000; N = 29). Различие по возрастным показателям толерантности и интолерантности к неопределенности при распределении выборки на группы до 20 лет ($N = 101$), старше 20 ($N = 13$) и проведении однофакторного дисперсионного анализа ANOVA выявило незначимое влияние. Множественные сравнения по критерию Шеффе позволили установить, что по интолерантности к неопределенности несколько отличаются респонденты старше 20 лет с тенденцией к избеганию противоречивых ситуаций в учебно-профессиональной деятельности, показанной у Т. В. Корниловой и др. [9; 12]. По t -критерию Стьюдента студенты старше 20 лет не демонстрируют выше показатели по интолерантности к неопределенности ($F = 0,02$, $df = 112$, $p > 0,005$) по сравнению с показателем толерантности к неопределенности ($F = -0,03$, $df = 112$, $p > 0,005$). Размер эффекта влияния возрастных характеристик на описанные различия очень маленький (размер эффекта d Коэна равен 0,01), поскольку студенты старше 20 лет – это только 11 % от всей выборки.

Таблица 3

Результаты описательной статистики и сравнение переменных шкал психологической разумности и толерантности к неопределенности

Переменные	Вся выборка		до 20 лет		старше 20 лет		t	p	Cohen's d
	M	SD	M	SD	M	SD			
ПР: открытость изменениям	14	2,27	13,8	2,27	15,2	1,96	-2,12	p< 0,05	-0,63
ПР: заинтересованность в сфере субъективных переживаний	21,3	3,93	21,2	4,00	21,9	3,43	-0,63	p> 0,05	-0,19
ПР: польза обсуждения собственных переживаний с другими	20,7	3,41	20,7	3,46	21,2	3,00	-0,56	p> 0,05	-0,17
Толерантность к неопределенности	54,9	7,92	54,9	7,94	55,0	8,09	-0,03	p> 0,05	-0,01
Интолерантность к неопределенности	64,0	9,91	64,0	9,93	64,0	10,17	0,02	p> 0,05	0,01

Примечание: *** – $p < 0,001$, ** – $p < 0,01$, * – $p < 0,05$.

Составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

По t-критерию Стьюдента не достигают статистической значимости различия по переменным психологической разумности: заинтересованность в сфере субъективных переживаний $t(112) = -0,63$, $p > 0,05$, $d = -0,19$; польза обсуждений собственных переживаний с другими $t(112) = -0,56$, $p > 0,05$, $d = -0,17$; а по переменным психологической разумности: открытость изменениям $t(112) = -2,12$; $p < 0,05$, $d = -0,63$ различия статистически значимы для студентов старше 20 лет. Сравнение переменных в выборке по шкалам психологической разумности, толерантности и интолерантности к неопределенности и результаты описательной статистики представлены в табл. 3.

Оценка равенства средних значений подтверждает наименьшие различия в выборке по переменным психологической разумности: заинтересованность в сфере субъективных переживаний, польза обсуждения собственных переживаний, толерантности и интолерантности к неопределенности. Отмечаются различия по психологической разумности: открытость изменениям (размер эффекта d Коэна равен $-0,63$) [13]. Следовательно, определяем, что по психологической разумности в отношении открытости изменениям несколько отличаются студенты старше 20 лет с доступностью сферы переживаний. Полученный результат согласуется с выводами исследований интеллектуально-личностного потенциала [4; 14; 15].

Установленная в исследовании корреляция показателей психологической разумности с переменными толерантности к неопределенности демонстрирует значимые положительные связи: для открытости изменениям $r = 0,426$; для заинтересованности в сфере субъективных переживаний $r = 0,337$, что подтверждается выводами о положительной связи психологической разумности и толерантности к неопределенности [3; 4; 10]. Приведенная корреляция показателей психологической разумности и интолерантности к неопределенности устанавливает также значимые положительные связи: для открытости изменениям $r = 0,336$, для заинтересованности в сфере субъективных переживаний $r = 0,331$. Умеренные положительные связи психологической разумности: польза обсуждения собственных переживаний с другими с толерантностью к неопределенности $r = 0,252$ и слабые положительные связи с интолерантностью к неопределенности $r = 0,126$ – обосновываются разными свойствами переменных толерантности и интолерантности к неопределенности. Следовательно, психологическая разумность как от-

крытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний положительно связана с толерантностью и интолерантностью к неопределенности в учебно-профессиональной деятельности.

Некоторые групповые различия у студентов старше 20 лет по психологической разумности: открытость изменениям, в отличие от неразличимых влияний по интолерантности к неопределенности, объясняются доступностью сферы переживаний в учебно-профессиональной деятельности. Однако результаты проведенного исследования, полученные на выборке студентов $N = 114$, среди которых 98 % девушек, могут представляться недостаточно надежными по причине нерепрезентативной выборки для подтверждения утверждения о положительной связи психологической разумности, толерантности и интолерантности к неопределенности и различиях в интолерантности к неопределенности у студентов старше 20 лет.

Заключение

Открытость изменениям, заинтересованность в сфере субъективных переживаний как характеристика психологической разумности позволяют интегрировать внутренний опыт, принимать неизвестное, действовать в условиях неопределенности. Психологическая разумность проявляется у студентов от 18 до 22 лет (98 % девушек) с рефлексией психических процессов, поскольку открытость изменениям, проявление заинтересованности в сфере субъективных переживаний способствуют принятию неопределенности. Открытость изменениям в сфере субъективных переживаний как проявление психологической разумности несколько выше у студентов старше 20 лет.

Практической значимостью проведенного эмпирического исследования выступает применение диагностического инструментария по оценке психологической разумности, принятия неопределенности при обучении и воспитании студентов в вузе. Полученные результаты эмпирического исследования могут быть использованы в практике педагогического консультирования молодежи.

Список литературы

1. Корнилова Т.В. Психология неопределенности: единство интеллектуально-личностной регуляции решений и выборов // Психологический журнал. 2013. Т. 34. № 3. С. 89–100.
2. Жуковский В.П., Скворцова Л.А., Жуковская Н.А. Управление стрессами в педагогической деятельности: основные направления организации // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2020. Т. 26. № 1. С. 130–135. DOI: 10.34216/2073-1426-2020-26-1-130-135.

3. Корнилова Т.В. Единство интеллекта и аффекта в множественной регуляции эмпатии // Национальный психологический журнал. 2022. Т. 1. № 45. С. 94–103. DOI: 10.11621/prj.2022.0108.
4. Новикова М.А., Корнилова Т.В. Психологическая разумность в структуре интеллектуально-личностного потенциала // Психологический журнал. 2014. Т. 35. № 1. С. 95–110. URL: https://istina.msu.ru/media/publications/article/e76/0d9/4453266/95-110_Novikova_.pdf?ysclid=mkv2dgu9yx713101187 (дата обращения: 27.11.2025).
5. Корнилова Т.В. Ригидность, толерантность к неопределенности и креативность в системе интеллектуально-личностного потенциала человека // Вестник Московского университета. 2013. Серия 14. № 4. С. 36–47. URL: <https://msupsyj.ru/articles/article/4738/> (дата обращения: 27.11.2025).
6. Волкова Е.Н., Волкова И.В. Опросники EPOCH для изучения психологического благополучия российских подростков: психометрические характеристики и возможности использования // Психологическая наука и образование. 2025. Т. 30. № 4. С. 109–119. DOI: 10.17759/pse.2025300408.
7. Леонтьев Д.А., Осин Е.Н., Досумова С.Ш., Рзаева Ф.Р., Бобров В.В. Переживания в учебной деятельности и их связь с психологическим благополучием // Психологическая наука и образование. 2018. Т. 23. № 6. С. 55–66. DOI: 10.17759/pse.2018230605.
8. Крюкова Е.А., Корнилова Т.В. Эмпатия и отношение к неопределенности и риску у российских врачей // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2022. Т. 12. № 3. С. 331–346. DOI: 10.21638/spbu16.2022.306.
9. Корнилова Т.В., Чумакова М.А. Шкалы толерантности и интолерантности к неопределенности в модификации опросника С. Баднера // Экспериментальная психология.
2014. № 1. С. 92–110. URL: https://psyjournals.ru/journals/exppsy/archive/2014_n1/exppsy_2014_n1_68181.pdf (дата обращения: 27.11.2025).
10. Сунько Т.Ю. Проактивность, психологическая разумность, толерантность к неопределенности у студентов // Современные научомкие технологии. 2025. Т. 9. С. 267–271. DOI: 10.17513/snt.40518.
11. Краснов Е.В., Корнилова Т.В. Эмоциональный интеллект и толерантность к неопределенности как предикторы результативности деятельности военных руководителей // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2016. Т. 6. № 3. С. 28–43. URL: https://psyjournals.ru/journals/vspu_psychology/archive/2016_n3/Krasnov_Kornilova (дата обращения: 27.11.2025).
12. Павлова Е.М. Модель связей Самооценки креативности и интеллекта с Толерантностью к неопределенности и Креативностью. Психология // Журнал Высшей Школы экономики. 2018. Т. 15. № 1. С. 69–78. DOI: 10.17323/1813-8918-2018-1-69-78.
13. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1988. ISBN 0-8058-0283-5.
14. Сычев О.А., Гурьянова Т.А. Роль академической мотивации, жизненных стремлений и самоконгруэнтности в профессиональных намерениях студентов педагогического вуза // Психологическая наука и образование. 2025. Т. 30. № 1. С. 105–117. DOI: 10.17759/pse.2025300108.
15. Павлова Е.М., Корнилова Т.В. Триада «толерантность к неопределенности – эмоциональный интеллект – интуитивный стиль» и самооценка креативности у лиц творческих профессий // Психолого-педагогические исследования. 2019. Т. 11. № 1. С. 107–117. DOI: 10.17759/psyedu.2019110109.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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