



ИД «Академия Естествознания»

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

№ 8 2025

/// — /// — ///

MODERN HIGH TECHNOLOGIES

Scientific journal

No. 8 2025



PH Academy of Natural History

Современные наукоемкие технологии

Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. **Свидетельство – ПИ № ФС 77-63399.**

«Современные наукоемкие технологии» – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи, обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершённых исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). **K1.**

Журнал ориентирован на ученых, преподавателей, инженерно-технических специалистов, сотрудников информационных технологий и информатики, использующих в своих исследованиях междисциплинарный подход. Авторы журнала уделяют особое внимание методологии преподавания технических дисциплин.

Основные научные направления: 1.2. Компьютерные науки и информатика, 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации, 2.5. Машиностроение, 5.8. Педагогика.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С.,

Дудкина Н.А.

д.т.н., проф. Айдовос А. (Алматы); д.г.м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.т.н., доцент, Аршинский Л.В. (Иркутск); д.т.н., проф. Ахтулов А.Л. (Омск); д.т.н., проф. Баёв А.С. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Баубеков С.Д. (Тараз); д.т.н., проф. Беззубцева М.М. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Безрукова Н.П. (Красноярск); д.т.н., доцент, Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.т.н., доцент, Бессонова Л.П. (Воронеж); д.п.н., доцент, Бобыкина И.А. (Челябинск); д.г.м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.п.н., проф. Бутов А.Ю. (Москва); д.т.н., доцент, Быстров В.А. (Новокузнецк); д.г.м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.т.н., проф. Герман-Галкин С.Г. (Щецин); д.т.н., проф. Германов Г.Н. (Москва); д.т.н., проф. Горбатюк С.М. (Москва); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., проф. Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., проф. Долгова В.И. (Челябинск); д.э.н., проф. Делятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., проф. Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. За-вражных А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загребский О.И. (Томск); д.т.н., проф. Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., проф. Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.м.н., проф. Ижуткин В.С. (Москва); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., проф. Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., проф. Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., проф. Козлов О.А. (Москва); д.т.н., проф. Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., проф. Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., проф. Кузьякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., проф. Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., проф. Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., проф. Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., проф. Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., проф. Матис В.И. (Барнаул); д.г.м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.п.н., проф. Моисеева Л.В. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Мурашкина Т.И. (Пенза); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., проф. Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.м.н., проф. Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., проф. Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., проф. Осипов Г.С. (Южно-Сахалинск); д.т.н., проф. Пен РЗ. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., проф. Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., проф. Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., проф. Пузырьков А.Ф. (Москва); д.п.н., проф. Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., проф. Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., проф. Рогов В.А. (Москва); д.т.н., проф. Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., проф. Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., проф. Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., проф. Скрыпник О.Н. (Иркутск); 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.ф.м.н., проф. Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., проф. Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., проф. Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Шарафеев И.Ш. (Казань); д.т.н., проф. Шишков В.А. (Самара); д.т.н., проф. Шипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., проф. Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

ISSN 1812–7320

Электронная версия: top-technologies.ru/ru

Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,940

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,355

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, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

ООО «НИИ Академия Естествознания»
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

29.08.2025

Дата выхода номера

30.09.2025

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

20,0

Тираж

1000 экз.

Заказ

СНТ 2025/8

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: ПА037

© 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.,

EDITORIAL BOARD

Dudkina N.A.

D.Sc., Prof. A. Aidosov (Almaty); D.Sc., Prof. S.V. Alekseev (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.Z. Aloe (Nalchik); D.Sc., Docent L.V. Arshinsky (Irkutsk); D.Sc., Prof. A.L. Akhtulov (Omsk); D.Sc., Prof. A.S. Bajov (St. Petersburg); D.Sc., Prof. S.D. Baubekov (Taraz); D.Sc., Prof. M.M. Bezzubtseva (St. Petersburg); D.Sc., Prof. N.P. Bezrukova (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent V.V. Belozero (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent Bessonova L.P. (Voronezh); D.Sc., Docent Bobykina I.A. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Bondarev V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Butov A.Y. (Moscow); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Gavrilov V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Gavrilov V.I. (Moscow); D.Sc., Prof. Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Prof. A.I. Gavrishin (Novocherkassk); D.Sc., Prof. S.G. Germanov-Galkin (Szczecin); D.Sc., Prof. G.N. Germanov (Moscow); D.Sc., Prof. S.M. Gorbatyuk (Moscow); D.Sc., Prof. A.N. Gotz (Vladimir); D.Sc., Prof. Dalinger V.A. (Omsk); D.Sc., Prof. Dolgova V.I. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Dolyatovsky V.A. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.F. Dresvyannikov (Kazan); D.Sc., Prof. T.D. Dubovitskaya (Sochi); D.Sc., Docent I.V. Evtushenko (Moscow); D.Sc., Prof. N.F. Efremova (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.I. Zavrazhnov (Michurinsk); D.Sc., Docent O.I. Zagrevsky (Tomsk); D.Sc., Prof. Izhutkin V.S. (Moscow); D.Sc., Docent Kibalchenko I.A. (Taganrog); D.Sc., Prof. Klemantovich I.P. (Moscow); D.Sc., Prof. Kozlov O.A. (Moscow); D.Sc., Prof. A.M. Kozlov (Lipetsk); D.Sc., Prof. Kuzlyakina V.V. (Vladivostok); D.Sc., Docent Kuzyakov O.N. (Tyumen); D.Sc., Prof. Kulikovskaya I.E. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. E.A. Lavrov (Sumi); D.Sc., Docent D.V. Lande (Kiev); D.Sc., Prof. L.B. Leontiev (Vladivostok); D.Sc., Docent V.A. Lomazov (Belgorod); D.Sc., Prof. L.S. Lomakina (Nizhny Novgorod); D.Sc., Prof. V.F. Lubentsov (Krasnodar); D.Sc., Prof. A.G. Madera (Moscow); D.Sc., Prof. V.F. Makarov (Perm); D.Sc., Prof. K.K. Markov (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.I. Matis (Barnaul); D.Sc., Prof. A.I. Melnikov (Irkutsk); D.Sc., Prof. G.J. Mikerova (Krasnodar); D.Sc., Prof. L.V. Moiseeva (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. T.I. Murashkina (Penza); D.Sc., Prof. V.K. Musaev (Moscow); D.Sc., Prof. E.N. Nadezhdin (Tula); D.Sc., Prof. E.G. Nikonov (Dubna); D.Sc., Prof. V.A. Nosenko (Volgograd); D.Sc., Prof. G.S. Osipov (Yuzhno-Sakhalinsk); D.Sc., Prof. R.Z. Pen (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. M.N. Petrov (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. I.Y. Petrova (Astrakhan); D.Sc., Prof. Piven V.V. (Tyumen); D.Sc., Prof. Potyshnyak E.N. (Kharkov); D.Sc., Prof. Puzryakov A.F. (Moscow); D.Sc., Prof. Rakhimbaeva I.E. (Saratov); D.Sc., Prof. Rezanovich I.V. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. A.F. Rogachev (Volgograd); D.Sc., Prof. Sikhimbaev M.R. (Karaganda); D.Sc., Prof. Skrypnik O.N. (Irkutsk); D.Sc., Prof. Sobyanin F.I. (Belgorod); D.Sc., Prof. Strabykin D.A. (Kirov); D.Sc., Prof. Sugak E.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. N.G. Taktarov (Saransk); D.Sc., Docent A.V. Tutolmin (Glazov); D.Sc., Prof. U.U. Umbetov (Kyzylorda); D.Sc., Prof. Fesenko Y.A. (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. Chervikov N.I. (Stavropol); D.Sc., Prof. A.G. Shchipsitsyn (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. M.A. Yablokova (St. Petersburg); Cand.Sc., Docent A.G. Khaidarov (St. Petersburg)

ISSN 1812–7320

Electronic version: top-technologies.ru/ru

Rules for authors: top-technologies.ru/ru/rules/index

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,940

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,355

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, st. Lermontov, 3

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

29.08.2025

Number issue date

30.09.2025

Format

60x90 1/8

Conditionally printed sheets

20,0

Circulation

1000 copies

Order

CHT 2025/8

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: PA037

© 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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАШУМЛЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Бакаева О.А., Буткина А.А., Ледайкин Н.В., Серегина А.А.</i>	8
СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СТЕНДА ПРОВЕДЕНИЯ ФОРСИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ БЛОКОВ ПИТАНИЯ <i>Железняков Р.А., Хачатрян А.А., Берберова М.А., Курнасов Е.В.</i>	14
ВЫБОР СТРАТЕГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ АЭРОАКВАПОННОЙ УСТАНОВКОЙ <i>Нечипоренко А.Ю., Пиотровский Д.Л.</i>	20
АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВХОДНОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО УСТАНОВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ «ИСПОЛНИТЕЛЬ – ЗАДАЧА» <i>Пучкова М.А.</i>	29
ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРАНИЦ ОБЛАСТИ, СТРУКТУРЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ КОРНЕЙ ПОЛИНОМОВ, АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОРТИРОВКИ <i>Ромм Я.Е., Веселая А.А.</i>	37
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ГИБРИДНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ОТБОРА ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Федухина Д.В.</i>	55

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

СТАТЬИ

ОСНОВНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА В ОБЛАСТИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Беспалько А.А., Строганова Н.В., Тутынина О.И.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И САМООБРАЗОВАНИЯ У СТАРШЕКЛАССНИКОВ И СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА <i>Бобкова О.В.</i>	68
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ХИМИИ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ <i>Гильманишина С.И., Миннахметова В.А., Эсенова О.</i>	76
МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ С ХУДОЖЕСТВЕННЫМ ТЕКСТОМ <i>Кизрина Н.Г.</i>	83

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВУЗЕ <i>Курзаева Л.В.</i>	91
ВИДЫ ПОНИМАНИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИХ ДИАГНОСТИКИ В ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ <i>Маркинов И.Ф., Каменева Ю.Ф.</i>	97
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПРОФИЛЯ ПЕДАГОГА КАДЕТСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Марковская Е.А.</i>	103
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: РИСКИ НЕКОРРЕКТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Пустовойтов В.Н., Дубицкая Е.В., Шлома А.В.</i>	109
УПРАВЛЕНИЕ ВНЕДРЕНИЕМ СИСТЕМЫ НАСТАВНИЧЕСТВА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ <i>Саитбаева Э.Р., Крисковец Т.Н., Щербовских К.А.</i>	114
РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ОБУЧЕНИЕ СЛУЖЕНИЕМ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА <i>Тюрина С.Ю., Егорычева Е.В.</i>	120
ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОДЕЙСТВИЕ ШКОЛЬНИКАМ И СТУДЕНТАМ – БУДУЩИМ УЧИТЕЛЯМ В РАЗВИТИИ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ <i>Ульянова И.В., Подругина И.А.</i>	125
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА <i>Храмов Д.И.</i>	132
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА УМСТВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ СРАВНЕНИЯ В ПРЕДМЕТНОЙ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ <i>Якунчев М.А.</i>	137

Технические науки (2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика)

СТАТЬЯ

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАМЕНЕ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ <i>Тугов В.В., Орлова Е.В., Султанов Н.З.</i>	147
--	-----

Технические науки (2.3.2 Вычислительные системы и их элементы)

СТАТЬЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ УЧЕБНЫХ РЕГИСТРОВЫХ БЕЗАДРЕСНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СО СДВИГОМ ИНФОРМАЦИИ <i>Страбыкин Д.А.</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

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR ASSESSING NOISE POLLUTION IN URBAN AREAS USING UNMANNED AERIAL VEHICLES <i>Bakaeva O.A., Butkina A.A., Ledyaykin N.V., Seregina A.A.</i>	8
CREATION OF SOFTWARE FOR A STAND FOR CONDUCTING FORCED TESTS OF POWER SUPPLIES <i>Zheleznyakov R.A., Khachatryan A.A., Berberova M.A., Kurnasov E.V.</i>	14
TO THE CHOICE OF CONTROLLABLE PARAMETERS OF AERO AQUAPONIC SYSTEM <i>Nechiporenko A.U., Piotrovsky D.L.</i>	20
AN ALGORITHM FOR INTELLIGENT DECISION SUPPORT IN THE FORMATION OF AN INPUT DATA SET FOR THE SUBSEQUENT ESTABLISHMENT OF PERFORMER-TASK RELATIONSHIPS <i>Puchkova M.A.</i>	29
ON THE IDENTIFICATION OF THE BOUNDARIES OF THE DOMAIN, THE ARRANGEMENT STRUCTURE OF THE REAL POLYNOMIAL ROOTS, ANALYTICAL FUNCTIONS AND TRANSCENDENTAL EQUATIONS BASED ON SORTING <i>Romm Ya.E., Veselaya A.A.</i>	37
APPLICATION OF A HYBRID AUTOMATIC MODEL FOR SELECTION OF STUDENTS FOR ADDITIONAL EDUCATION PROGRAMS <i>Fedukhina D.V.</i>	55

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

ARTICLES

THE BASIC KNOWLEDGE, SKILLS AND ABILITIES REQUIRED FOR A SPECIALIST IN THE FIELD OF MACHINE LEARNING <i>Bespalko A.A., Stroganova N.V., Tutynina O.I.</i>	61
STUDY OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF COMPETENCES OF INDEPENDENT COGNITIVE ACTIVITIES AND SELF-EDUCATION IN HIGH SCHOOL STUDENTS AND UNDERGRADUATE STUDENTS <i>Bobkova O.V.</i>	68
PERSONALISED TRAINING OF STUDENTS – FUTURE CHEMISTRY TEACHERS USING THE EXAMPLE OF A DISCIPLINE OF THE MASTER'S PROGRAM <i>Gilmanshina S.I., Minnakhmetova V.A., Esenova O.</i>	76
METHODS OF DEVELOPING CRITICAL THINKING OF FUTURE FOREIGN LANGUAGE TEACHERS IN THE PROCESS OF WORKING WITH LITERARY TEXTS <i>Kizrina N.G.</i>	83

PEDAGOGICAL SUPPORT AND CONDITIONS FOR FORMING THE COMPETITIVENESS OF STUDENTS IN THE AREAS OF TRAINING IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES AT THE UNIVERSITY <i>Kurzaeva L.V.</i>	91
TYPES OF UNDERSTANDING AND TOOLS FOR THEIR DIAGNOSTICS IN THE PREPARATION OF STUDENTS IN GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS <i>Markinov I.F., Kameneva Yu.F.</i>	97
THE PEDAGOGICAL COMPONENT OF THE COMPETENCE PROFILE OF A TEACHER OF CADET EDUCATION <i>Markovskaya E.A.</i>	103
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: RISKS OF INCORRECT USE <i>Pustovoytov V.N., Dubitskaya E.V., Shloma A.V.</i>	109
MANAGEMENT OF IMPLEMENTATION OF MENTORING SYSTEM IN AN EDUCATIONAL ORGANIZATION <i>Saitbaeva E.R., Kriskovets T.N., Scherbovskih K.A.</i>	114
INTRODUCTION OF SERVICE-LEARNING TECHNOLOGY INTO EDUCATIONAL ACTIVITIES OF STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITY <i>Tyurina S.Yu., Egorycheva E.V.</i>	120
PEDAGOGICAL ASSISTANCE TO SCHOOLCHILDREN AND STUDENTS-TO-BE-TEACHERS IN THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING <i>Ulyanova I.V., Podrugina I.A.</i>	125
THE MAIN DIRECTIONS OF PEDAGOGICAL SCIENCE AND EDUCATIONAL PRACTICE IN THE ORENBURG REGION IN THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY <i>Khramov D.I.</i>	132
USING THE POTENTIAL OF MENTAL COMPARISON IN THE SUBJECT TRAINING OF GENERAL SCHOOL STUDENTS <i>Yakunchev M.A.</i>	137

Technical sciences (2.3.1 Systems analysis, management and information processing, statistics)

ARTICLE

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE REPLACEMENT OF PHYSICAL PROTECTIVE EQUIPMENT BASED ON THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD <i>Tugov V.V., Orlova E.V., Sultanov N.Z.</i>	147
---	-----

Technical sciences (2.3.2 Computing systems and their elements)

ARTICLE

FUNCTIONAL MODELS OF TRAINING REGISTER UNADDRESSED STORAGE DEVICES WITH INFORMATION SHIFT <i>Strabykin D.A.</i>	154
---	-----

СТАТЬИ

УДК 004.42:004.032.26:519.876.5

DOI 10.17513/snt.40458

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАШУМЛЕННОСТИ ГОРОДСКИХ
ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ****Бакаева О.А., Буткина А.А., Ледяйкин Н.В., Серегина А.А.***ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: helga_rm@rambler.ru*

Эффективный мониторинг акустической обстановки в городах требует применения современных цифровых технологий и математических подходов для точного анализа и оценки зашумленности. Одним из перспективных направлений по решению данной проблемы является разработка программного обеспечения, способного автоматически обрабатывать аудиоданные, записанные с помощью беспилотных летательных аппаратов, также называемых дронами. Поэтому целью проводимого исследования является разработка программного обеспечения для анализа аудиофайлов, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов, для вычисления уровня шума. Для измерения шума будет использоваться дрон, на котором закреплено устройство для записи звука. В записанном файле присутствует шум винтов дрона, что может искажать уровень шума. Чтобы выполнить подавление шума винтов, была построена нейронная сеть в соответствии с моделью U-Net, которая состоит из трех частей: энкодера, буттленека и декодера. Также для глубокого обучения разработанной нейронной сети был выбран фреймворк TensorFlow с поддержкой GPU для ускорения вычислений и гибкой архитектурой. Результат работы нейросети – «очищенный» звук меньшей громкости (без шума винтов), используемый в дальнейшем для оценки уровня шума. В качестве основного инструмента разработки программного обеспечения был выбран язык Python и его библиотеки. Используя быстрое преобразование Фурье и разработанное программное обеспечение на основе нейросети, было произведено измерение уровня громкости городского шума по «очищенному» аудиофайлу с вычислением двух ключевых показателей: среднеквадратичного значения сигнала и пикового уровня. Для визуализации результатов были построены график амплитудного спектра и спектрограмма.

Ключевые слова: программное обеспечение, нейронная сеть, шум, беспилотный летательный аппарат, Python**DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR ASSESSING
NOISE POLLUTION IN URBAN AREAS USING
UNMANNED AERIAL VEHICLES****Bakaeva O.A., Butkina A.A., Ledyaykin N.V., Seregina A.A.***National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev,
Saransk, e-mail: helga_rm@rambler.ru*

Effective monitoring of the acoustic situation in cities requires the use of modern digital technologies and mathematical approaches for accurate noise analysis and assessment. One of the promising areas for solving this problem is the development of software capable of automatically processing audio data recorded using unmanned aerial vehicles, also called drones. Therefore, the purpose of the research is to develop software for analyzing audio files obtained using unmanned aerial vehicles to calculate the noise level. To measure the noise, a drone will be used, on which a sound recording device is mounted. The recorded file contains the noise of the drone propellers, which can distort the noise level. To perform screw noise suppression, a neural network was in accordance with the U-Net model, which consists of three parts: an encoder, a bottleneck, and a decoder. Also, for deep learning of the developed neural network, the TensorFlow framework with GPU support for accelerating computations and a flexible architecture was chosen. The result of the neural network is a "purified" sound of lower volume (without the noise of the screws), which is later used to assess the noise level. The Python language and its libraries were chosen as the main software development tool. Using fast Fourier transform and developed software based on a neural network, the volume level of urban noise was measured using a "cleaned" audio file, calculating two key indicators: the root mean square value of the signal and the peak level. To visualize the results, an amplitude spectrum graph and a spectrogram were constructed.

Keywords: software, neural network, noise, unmanned aerial vehicle, Python**Введение**

В условиях стремительного роста урбанизации и увеличения плотности городской застройки проблема оценки шумового загрязнения становится все более актуальной [1, 2]. Это связано с тем, что высокий уровень шума негативно влияет на здоровье

и качество жизни населения, как на территории России, так и в Европе [3, 4], создавая значительные экологические и социальные риски [5]. Эффективный мониторинг акустической обстановки в городах требует применения современных цифровых технологий и математических подходов

для точного анализа и оценки зашумленности. Одним из перспективных направлений по решению данной проблемы является разработка программного обеспечения (ПО), способного автоматически обрабатывать аудиоданные, записанные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Чтобы такое ПО было точным и надежным, требуется учитывать различные характеристики звуковых сигналов, выполнять фильтрацию помех с использованием методов математического моделирования и классификацию типов шумов, а главное – определять уровень шума.

Цель исследования – разработка программного обеспечения для анализа аудиофайлов, полученных с помощью БПЛА, для вычисления уровня шума. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- получение записи шума (аудиофайла) с использованием микрофона на БПЛА;
- разработка архитектуры нейронной сети для подавления собственного шума дрона;
- построение математической модели обработки аудиоданных;
- цифровая обработка записи шума (аудиофайла) с использованием разработанной нейронной сети;
- представление результатов обработки в форме числовых и визуальных данных.

Материалы и методы исследования

Обычно для измерения шума в городах применяются стационарные или мобильные наземные средства измерения. Однако подобные способы часто оказываются затратными и не всегда позволяют оперативно собрать данные по всему городу, особенно в труднодоступных зонах. Эта проблема решается использованием БПЛА, на котором закреплено устройство для записи звука (например, микрофон). БПЛА открывают новые возможности для измерения шума городской территории, благодаря своей мобильности и способности охватывать разнообразные участки города в кратчайшие сроки.

В качестве основного инструмента разработки программного обеспечения был выбран язык Python и его библиотеки:

- библиотека NumPy использовалась для работы с массивами данных, а также для векторизованных операций и вычислений (в том числе вычисления среднеквадратичного значения (RMS), нормализации и логарифмического преобразования);
- библиотека `scipy.io.wavfile` применялась для загрузки WAV-файлов;
- библиотека `soundfile` использовалась для чтения и записи аудиофайлов с шумом

и получения низкоуровневого доступа к аудиоданным;

- библиотека `librosa` предоставляет функции для работы со спектрограммами, анализа звука и поддерживает различные форматы аудио;

- библиотека `scipy.fft` позволила выполнить быстрое преобразование Фурье (БПФ);

- библиотека `matplotlib` использовалась для построения визуализаций: амплитудного спектра и спектрограммы;

- библиотека `tqdm` применялась для визуализации процесса работы программы при отслеживании длительных операций.

Также для глубокого обучения нейронной сети был выбран фреймворк TensorFlow, который предоставляет гибкую архитектуру для создания сложных моделей, имеет поддержку GPU для ускорения вычислений, встроенные оптимизаторы и функции потерь.

Архитектура нейронной сети была построена на основе модели U-Net, которая является эффективной в задачах сегментации и обработки изображений/спектрограмм. Для более оптимизированной работы с данными в программе реализован генератор данных (AudioDataGenerator), в котором происходит загрузка и преобразование данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения аудиофайла с записью шума городской среды был использован БПЛА. Для этого на БПЛА крепится устройство для записи шума, чем может являться микрофон либо любое подобное устройство. Данный способ предоставляет ряд преимуществ, таких как мобильность и охват труднодоступных зон, быстрое и оперативное измерение, регулярная запись шума по заранее определенным маршрутам.

Действующими нормативными документами устанавливаются следующие правила записи (измерения) шумов на городской территории [6]:

- транспортные потоки – 7,5 м от оси первой полосы движения;
- железнодорожный транспорт – 25 м от оси ближнего пути;
- водный транспорт – 25 м от борта судна;
- воздушный транспорт – в расчетной точке (определенном месте на территории города);
- промышленные предприятия – на границе территории предприятия и жилой зоны (сосредоточение жилых домов, зданий администрации и т.д.).

Таким образом, в соответствии с данными нормативными документами и описанной выше методикой измерения шума может быть выполнено картографирование шумового загрязнения городских территорий, которое применяется для формирования комфортной среды обитания [7, 8].

После того как была получена аудиозапись, было обнаружено, что в записанном файле слышен шум винтов БПЛА [9], что искажает уровень истинного шума. Чтобы выполнить подавление шума дрона в исходном файле, была построена нейронная сеть.

Разработанная нейронная сеть построена в соответствии с моделью U-Net и состоит из трех основных частей:

- энкодер, который состоит из четырех слоев и предназначен для извлечения признаков из аудио с шумом винтов БПЛА;
- буттлneck, состоящий из двух слоев и предназначенный для анализа и обработки сжатых данных;
- декодер, который также состоит из четырех слоев и позволяет восстанавливать очищенный аудиофайл без звука винтов.

Данные для обучения нейронной сети хранятся в папках `urban_audio` с записями городского шума и `drone_noise` с записями шума дрона (182 файла в каждой). При обучении модель проходит через 100 эпох. Файлы, участвующие в обучении, должны иметь следующие характеристики: формат WAV, частота 16 кГц и продолжительность не менее 5 с. Процесс обучения нейронной сети можно наблюдать на рис. 1. Видно, что потери на тренировочных и валидационных данных постепенно уменьшаются, что свидетельствует о стабильной сходимости процесса обучения.

Обученная модель была использована для сравнения уровня шума у исходного файла, где присутствует шум винтов БПЛА, и у обработанного, полученного в результате очистки аудиофайла нейронной сетью. Результаты данного сравнения представлены на рис. 2. Таким образом, показана работа обученной нейросети, результатом которой становится «очищенный» звук – без шума винтов БПЛА (меньшей громкости), используемый в дальнейшем для оценки уровня шума.

```
(venv) C:\py.projects\drone>python main.py --train
Epoch 1/100
19/19 ██████████ 85s 4s/step - loss: 0.1150 - val_loss: 0.1086
Epoch 2/100
19/19 ██████████ 83s 4s/step - loss: 0.1083 - val_loss: 0.1036
Epoch 3/100
19/19 ██████████ 85s 4s/step - loss: 0.1049 - val_loss: 0.1026
• • •
Epoch 98/100
19/19 ██████████ 85s 4s/step - loss: 0.0759 - val_loss: 0.0761
Epoch 99/100
19/19 ██████████ 85s 4s/step - loss: 0.0741 - val_loss: 0.0814
Epoch 100/100
19/19 ██████████ 85s 5s/step - loss: 0.0739 - val_loss: 0.0776
```

Рис. 1. Динамика процесса обучения модели нейронной сети (100 эпох)
Источник: составлено авторами

```
(venv) C:\py.projects\drone>python compare_noise.py

Сравнение уровней шума:
Файл 1: 30.27 dB
Файл 2: 20.40 dB
Разница: 9.87 dB

Файл 2 имеет меньший уровень шума

(venv) C:\py.projects\drone>
```

Рис. 2. Сравнение уровня шума исходного и очищенного аудиофайлов
Источник: составлено авторами

Одним из ключевых математических инструментов при оценке шума является дискретное преобразование Фурье, в частности его оптимизированный вариант – быстрое преобразование Фурье (БПФ) [10–12]:

$$X[k] = \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \times e^{-j\frac{2\pi}{N}ki}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (1)$$

где $X[k]$ – комплексный спектр сигнала на частоте k , $x[i]$ – входной сигнал во временной области, N – количество отсчетов, j – мнимая единица.

Описанное преобразование позволяет представить аудиосигнал в частотной области, где проще выделить и классифицировать различные источники шума [13].

БПФ особенно эффективно работает для стационарных шумов, таких как шум от автотранспорта или промышленных объектов.

С использованием БПФ и разработанного программного обеспечения на основе нейросети, выполнялось измерение уровня громкости городского шума в дБ по «очищенному» аудиофайлу с вычислением двух ключевых показателей.

В качестве первого ключевого показателя вычислялся уровень RMS (2) – среднеквадратичное значение сигнала в децибелах (дБ), который отображает общую энергию шума:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}. \quad (2)$$

После расчета RMS можно перевести его в логарифмическую шкалу, привычную для измерения в децибелах по формуле

$$L_{dB} = 10 \log_{10}(RMS). \quad (3)$$

В качестве второго показателя находится пиковый уровень шума – максимальное значение амплитуды в дБ, что позволяет оценить экстремальные выбросы в звуковом ряду.

Пример результатов расчета данных показателей для тестового аудиофайла продемонстрирован на рис. 3.

Средний уровень шума: 26.83 дБ
Максимальный уровень шума: 81.30 дБ

Рис. 3. Результаты вычисления ключевых показателей уровня шума
Источник: составлено авторами

Также для визуализации полученных результатов были реализованы два вида спектрального анализа.

1. Амплитудный спектр (с использованием БПФ) позволяет оценить вклад различных частот в структуру шума. На графике (рис. 4) выделены ключевые зоны [14]:

- низкие частоты (20–200 Гц) – транспортный гул, промышленные установки;
- средние частоты (200–2000 Гц) – речь, городские сигналы [15];
- высокие частоты (2000–3000 Гц и выше) – высокочастотные шумы.

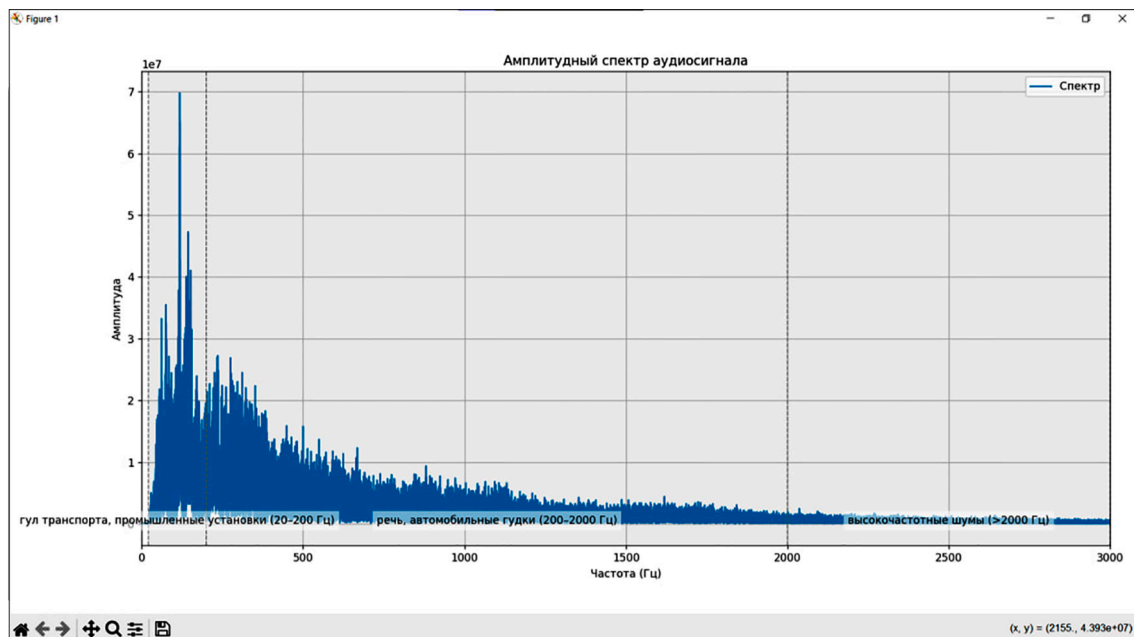


Рис. 4. Амплитудный спектр
Источник: составлено авторами

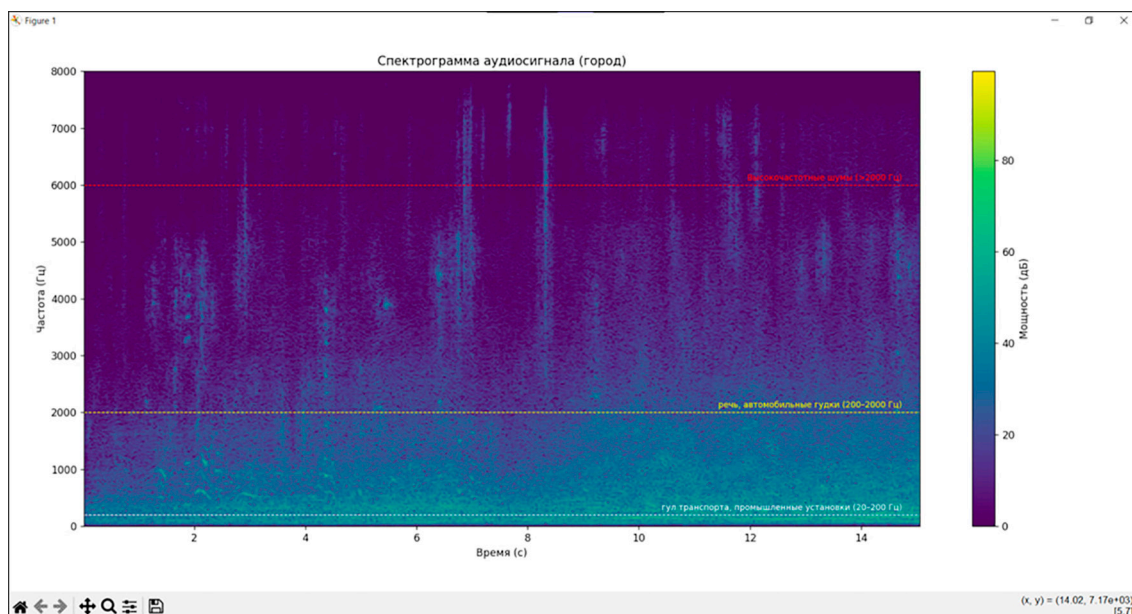


Рис. 5. Спектрограмма
Источник: составлено авторами

2. Спектрограмма – динамическое представление частотных характеристик во времени, отображающее изменение спектра в процессе звучания. Спектрограмма визуализирована с использованием шкалы интенсивности (дБ) и аннотирована горизонтальными линиями, отмечающими границы зон интереса (рис. 5).

Спектр и спектрограмма подтвердили наличие выраженного транспортного гула и компонентов в диапазоне речевых частот, что указывает на высокую активность предприятий и людей в исследуемой городской зоне.

Заключение

Разработанное ПО успешно прошло тестирование на реальных аудиозаписях городской среды и показало способность эффективно удалять шумов винтов БПЛА из анализируемого аудиофайла с использованием разработанной нейронной сети, а также представлять результаты обработки аудиофайлов в форме числовых и визуальных данных.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования в системах экологического мониторинга, в рамках проектов «умного города» (smart city), а также для поддержки градостроительных решений и оценки санитарно-экологических условий городской среды. Перспективным направлением дальнейших исследований является автома-

тизация классификации типов шума и расширение модели с применением методов машинного обучения.

Полученные результаты могут быть использованы при составлении карты зашумленности местности или анализа уровня шума в разное время, чтобы визуализировать динамическую структуру городской акустической среды.

Список литературы

1. Лыков И.Н., Николаева Т.С., Рахимов К.В. Экологические и социальные аспекты шумового загрязнения окружающей среды // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 2. С. 80–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-i-sotsialnye-aspekty-shumovogo-zagryazneniya-okruzhayushey-sredy> (дата обращения: 15.07.2025).
2. Бухарина И.Л., Пушин К.Е. Комплексная экологическая оценка шумового загрязнения урбанизированных территорий: постановка проблемы // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. № 5–2. С. 381–384. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-ekologicheskaya-otsenka-shumovogo-zagryazneniya-urbanizirovannyh-territoriy-postanovka-problemy> (дата обращения: 16.07.2025).
3. Health risks caused by environmental noise in Europe // European Environment Agency. Briefing №21. 2020. Published on 14 Dec 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/health-risks-caused-by-environmental> (дата обращения: 12.07.2025). DOI: 10.2800/64834. ISBN 978-92-9480-296-5. ISSN 2467-3196.
4. Fernandes de Souza T.C., Périssé A.R.S., Moura M. Noise exposure and hypertension: investigation of a silent relationship. BMC Public Health 15. Article number: 328 (2015). P. 1–9. DOI: 10.1186/s12889-015-1671-z.
5. Фесак Д.И., Давыдов Н.В., Колобов Д.А., Федосенко А.А. Программный комплекс для дифференци-

альной оценки риска здоровью населения от воздействия шума железнодорожного и автомобильного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2024. № 2. С. 470–479. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyy-kompleks-dlya-differentsialnoy-otsenki-riska-zdorovyu-naseleniya-ot-vozdeystviya-shuma-zheleznodorozhnogo-i> (дата обращения: 18.07.2025). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-470-479.

6. Смирнов В.В., Скляр Д.Н. Разработка методических подходов к проведению мониторинга транспортного шума и его оценка с применением методов акустического моделирования // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 8. С. 872–877. URL: <https://www.rjhas.ru/jour/article/view/2492> (дата обращения: 15.07.2025). DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-872-877.

7. Тимофеева Н.В., Ключниченко В.Н. Картографирование шумового загрязнения урбанизированных территорий как инструмент формирования комфортной среды обитания человека // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2024. № 2. С. 85–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kartografirovanie-shumovogo-zagryazneniya-urbanizirovannyh-territoriy-kak-instrument-formirovaniya-komfortnoy-sredy-obitaniya/viewer> (дата обращения: 13.07.2025). DOI: 10.5922/vestniknat-2024-2-6.

8. Николаева О.Н., Краснопольский И.А. Обзор существующих подходов к расчету и картографированию уровней шумового загрязнения территории // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. № 4. С. 210–219. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-suschestvuyuschih-podhodov-k-raschetu-i-kartografirovaniyu-urovney-shumovogo-zagryazneniya-territorii> (дата обращения: 12.07.2025).

9. Гончаренко Б.И., Кузьменков В.Ю., Котов А.Н. Экспериментальное исследование особенностей формирования спектра шумов беспилотного летательного аппарата // Noise Theory and Practice. 2020. № 4 (22). С. 49–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-issledovanie-osobennostey-formirovaniya-spektra-shumov-bespilotnogo-letatelno-go-apparata> (дата обращения: 18.07.2025).

10. Выдрин Д.Ф., Абзалилова Ю.Р., Вдовин А.К. Быстрое преобразование Фурье в цифровой обработке сигналов // Теория и практика современной науки. 2017. № 2 (20). С. 161–163. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bystroe-preobrazovanie-furie-v-tsifrovoy-obrabotke-signalov> (дата обращения: 18.07.2025).

11. Пеньков А.А. Частота и быстрое преобразование Фурье // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. № 9. С. 22–24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chastota-i-bystroe-preobrazovanie-furie> (дата обращения: 18.07.2025). DOI: 10.24412/2071-6168-2022-9-22-24.

12. Юрик Е.А., Ильичев В.Ю. Использование функций быстрого преобразования Фурье для спектрального анализа шума Перлина // E-Scio. 2021. № 9 (60). С. 287–297. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-funktsiy-bystrogo-preobrazovaniya-furie-dlya-spektralnogo-analiza-shuma-perlina> (дата обращения: 18.07.2025).

13. Ильина Е.С., Быстров С.В., Блинные А.А. Определение частоты импульсного сигнала с постоянным тактом посредством рекуррентного применения преобразования Фурье // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. № 5. С. 905–909. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-chastoty-impulsnogo-signala-s-postoyannym-taktom-posredstvom-rekurentnogo-primeneniya-preobrazovaniya-furie> (дата обращения: 15.07.2025).

14. Скоростинская А.А. Динамика шумовой обстановки в городских и природных территориях // «Студенческий научный форум – 2018»: материалы X Международной студенческой научной конференции. С. 1–24. [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018007489> (дата обращения: 15.07.2025).

15. Волков Н.А., Иванов А.В., Карпова Н.Е., Чуваков А.В. Исследование зашумленной аудиозаписи речи для обработки в автоматизированной системе // Безопасность цифровых технологий. 2022. № 2 (105). С. 9–20. URL: https://journals.nstu.ru/digital-tech-security/catalogue/contents/view_article?id=29701 (дата обращения: 14.07.2025). DOI: 10.17212/2782-2230-2022-2-9-20.

УДК 621.3.049.7:004.41
DOI 10.17513/snt.40459

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СТЕНДА ПРОВЕДЕНИЯ ФОРСИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ БЛОКОВ ПИТАНИЯ

¹Железняков Р.А., ¹Хачатрян А.А., ^{1,2}Берберова М.А., ¹Курнасов Е.В.

¹ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, e-mail: ro517zh@gmail.com;

²АНО «Научно-исследовательский центр физико-технической информатики»,
Нижний Новгород

Программное обеспечение, способное управлять стендом форсированных испытаний блоков питания, зачастую предприятия создают самостоятельно. В связи с этим важно выделить те аспекты, которые являются ключевыми. Целью данной работы в первую очередь является разработка программного обеспечения при форсированных испытаниях блоков питания. В связи с этим были выявлены детали, на основе которых будут выстраиваться требования к функциональным аспектам стенда форсированных испытаний, его аппаратному устройству, а также функциональные требования. Исследуемая тема относится к разработке программного обеспечения в условиях непрерывного производства. В результате анализа «узких мест» при проведении испытаний обращается внимание на возможные нарушения в работе испытываемых устройств, которые должны будут выявляться при форсированных испытаниях, а также определяются способы их проведения. Это позволит создать систему, обеспечивающую высокую точность измерений, надежность и автоматизацию процесса испытаний. На основе анализа существующих решений формируются требования к программному обеспечению. В данные требования должен быть включен интерфейс пользователя, поддержка различных режимов тестирования, сбор и обработка данных. Для создания программного обеспечения использован язык C#, сама программа написана с помощью Windows Presentation Foundation. Предлагаемое решение направлено на повышение эффективности форсированных испытаний, минимизацию ошибок, связанных с человеческим фактором, а также улучшение качества анализа испытаний.

Ключевые слова: блок питания, линейный, форсированные испытания, программное обеспечение, C#, реляционная база данных

CREATION OF SOFTWARE FOR A STAND FOR CONDUCTING FORCED TESTS OF POWER SUPPLIES

¹Zheleznyakov R.A., ¹Khachatryan A.A., ^{1,2}Berberova M.A., ¹Kurnasov E.V.

¹MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: ro517zh@gmail.com;

²Scientific Research Center of Physical and Technical Informatics, Nizhny Novgorod

Software capable of controlling a forced testing bench for power supplies is often created by enterprises independently. In this regard, it is important to highlight those aspects that are key. The purpose of this work is to identify these details, on the basis of which the requirements for the functional aspects of the forced testing bench, its hardware device, as well as the functional requirements for the software will be built. The topic under study relates to the development of software in continuous production. As a result of the analysis of “bottlenecks” during testing, attention is drawn to possible malfunctions in the operation of the devices under test, which must be identified during forced testing, and methods for their implementation are determined. This will create a system that ensures high measurement accuracy, reliability and automation of the testing process. Based on the analysis of existing solutions, software requirements are formed. These requirements should include a user interface, support for various testing modes, data collection and processing. The C# language was used to create the software, the program itself was written using Windows Presentation Foundation. The proposed solution is aimed at increasing the efficiency of forced testing, minimizing human errors, and improving the quality of test analysis.

Keywords: power supply, linear, forced testing, software, c#, relational database

Введение

Блок питания (БП) – устройство, формирующее выходное напряжение, необходимое подключенному потребителю [1]. Поскольку БП используются в различных сферах, то список конечных потребителей обширен. В перечень сфер использования БП входит бытовая техника, промышленное оборудование, мобильные устройства, медицинское оборудование и др. Каждый тип

потребителя предъявляет свои требования к характеристикам БП, которые различаются мощностью, выходным напряжением, током и размерами устройства. В связи с обширной областью применения данного источника питания проведение форсированных испытаний является важным этапом для обеспечения надежности и безопасности их эксплуатации. Форсированные испытания позволяют выявить возможные

недостатки в конструкции, оценить устойчивость устройства к перегрузкам, температурным изменениям и внешним помехам, а также определить срок службы в реальных условиях эксплуатации. По возрастанию частоты выхода из строя элементы БП распределяются следующим образом: транзистор, резистор, реле, конденсатор [2].

Созданием программного обеспечения (ПО) занимаются компании, специализирующиеся на данной тематике. Создаются автоматизированные стенды для измерений параметров источников питания с универсальными интерфейсами и сценариями тестирования [3; 4]. Высокие показатели достигаются за счет использования специализированного ПО, использования широкого спектра интерфейсов, учета разнообразия задач пользователей и других аспектов, влияющих на стабильность систем. В таких комплексах есть свои недостатки, главным из которых является высокая техническая сложность. В связи с этим производители прибегают к ручным методам тестирования. Данный способ отличается тем, что операторы сами управляют параметрами и фиксируют результаты. Это приводит к частым ошибкам, связанным с человеческим фактором, длительному сбору данных и другим трудностям. В связи с этим производители приходят к необходимости создания своих решений. Они позволяют настроить управление оборудованием и обработку данных с высокой степенью свободы. Данный подход отличается высокими временными и трудовыми затратами, отсутствием стандартизации и унифицированного подхода.

Цель исследования – разработка программного обеспечения для форсированных испытаний блоков питания.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе испытательного стенда для БП, предоставленного компанией ОВЕН. ПО разрабатывалось на языке C# с применением платформы .NET и графического интерфейса WPF для обеспечения взаимодействия оператора с оборудованием [5; 6]. Связь между ПО и аппаратной частью стенда реализована через интерфейс RS-485, обеспечивающий чтение и запись регистров для управления процессом [7].

Среди методов проведения испытаний выделяются следующие: подготовка БП; выбор режимов тестирования [8; 9]; подача напряжения, превышающего установленную норму, при повышенной температуре в испытательной ячейке; формирование отчета.

Результаты исследования и их обсуждение

Для создания ПО, позволяющего проводить форсированные испытания с помощью стенда, необходимо рассмотреть основные этапы испытаний. Сперва оператору необходимо подготовить БП к испытанию. Оператор подключает БП к испытательному стенду, определяя идентификационный номер устройства. Введя БП в ПО, оператор должен увидеть, какими техническими характеристиками обладает источник питания. Далее необходимо выбрать режимы тестирования. В зависимости от целей работы типы испытаний могут отличаться. Отличительной особенностью проведения форсированных испытаний являются критические условия, при которых проводится тестирование. Изменение температурных условий – один из тех способов, которые напрямую влияют на физические процессы внутри БП. Под воздействием повышенной температуры внутри испытательной секции на исследуемый БП подается напряжение, параметры которого затем измеряются и анализируются на выходе устройства. Этот процесс позволяет оценить стабильность работы БП в условиях термического воздействия, а также выявить возможные отклонения от заданных характеристик. Проведение испытаний помогает выполнить проверку на наличие типичных неисправностей, которые могут проявляться в процессе эксплуатации БП. К таким неисправностям относятся, например, отсутствие выходного напряжения, пульсации и выходные напряжения, отклоняющиеся от стандартных значений в разных режимах работы, низкий коэффициент полезного действия (КПД) и другие виды дефектов. При проведении тестирований на проверку показателей БП в режиме холостого хода особое внимание уделяется напряжению холостого хода, которое должно оставаться в пределах, установленных нормами, даже при изменении температурных условий. Такого же принципа необходимо придерживаться при проведении других видов испытаний, проверяющих работоспособность источника питания под воздействием пульсаций, при коротком замыкании и других возможных происшествиях.

К испытательному стенду также предъявляется ряд требований, которым он должен соответствовать для проведения форсированных испытаний. Важно не только правильно считывать выходные данные, но и верно настроить подачу входных напряжений и их точное отображение оператору. В быту превышение входного напряжения

на 10 В грозит повреждением источника питания, снижением ресурса или его выходом из строя [10]. Кроме того, недооценка отклонений может привести к непрогнозируемым последствиям при эксплуатации, особенно в критически важных системах. Высокая же точность измерений позволяет выявлять такие проблемы. Так же важно обеспечить достаточно широкий диапазон измерений, позволяющий рассмотреть возможные условия эксплуатации различных типов БП. Использование интерфейсов общения между стендом и ЭВМ, на котором будет запущена программа, также является важным аспектом. Выбор интерфейса связи (например, USB, Ethernet, RS-485 или Wi-Fi) должен быть основан на требованиях к надежности, пропускной способности и удобству эксплуатации. Помимо программного управления проведением испытаний важно установить необходимые для этого кнопки и индикаторы на стенд. В случае программного сбоя наличие кнопки позволяет оператору самостоятельно прервать проведение испытания [11].

После анализа этапов проведения испытаний и выявления требований к стенду можно сформулировать функциональные требования к ПО для управления процессом испытания. С помощью пользовательского интерфейса оператор должен выбрать типы испытаний, время проведения тестов, входные параметры и другие данные, влияющие на проведение испытания БП. В ответ оператор должен получить информацию в доступном виде. Автоматическое формирование отчетов, содержащее результаты испытаний и зафиксированные отклонения, является хорошей практикой, помогающей специалистам в работе.

При разработке ПО для стенда испытаний БП важно выбрать соответствующие технологии, которые будут играть ключевую роль в функционировании системы. Язык программирования C# отличается высокой производительностью и удобством разработки. Благодаря платформе .NET представляется возможным наладить общение между устройствами, подключенным через COM-порт. Для хранения и обработки данных могут использоваться реляционные базы данных, поскольку «реляционные системы используют структуры (таблицы) для хранения и работы с данными. Каждый столбец (атрибут) содержит свой тип информации. Каждая запись в базе данных с уникальным ключом переносится в строку таблицы, а ее атрибуты отображаются в столбцах таблицы» [12, с. 8].

Выбор архитектуры ПО зависит от требований к системе, способов взаимодействия компонентов и от дальнейшей мас-

штабируемости системы. В зависимости от предполагаемой нагрузки модель взаимодействия компонентов может быть монолитной, клиент-серверной или микросервисной. Главной особенностью монолитного типа является объединение всех компонентов в одном приложении. В связи с этим данную архитектуру проще разработать, протестировать и обеспечить высокую производительность. При этом у монолитной архитектуры есть следующие недостатки: сложность масштабирования, зависимость компонентов и ограниченная гибкость [13]. Однако даже в монолитной архитектуре возможно четкое разделение представлений, бизнес-логики и обработки данных. Это упрощает дальнейшее расширение функциональности стенда. Согласно Роберту Мартину: «Принципы SOLID определяют, как объединить функции и структуры данных в классы и как эти классы должны сочетаться друг с другом... Цель принципов – создать программные структуры среднего уровня, которые терпимы к изменениям; просты и понятны; образуют основу для компонентов, которые могут использоваться во многих программных системах» [14, с. 75].

За связь с оборудованием стенда отвечает модуль взаимодействия. Он реализуется с помощью библиотек, драйверов и используемых интерфейсов связи. В зависимости от того, какой тип интерфейса используется для связи с аппаратной частью, ПО должно уметь обрабатывать соответствующие сигналы. Самым ярким примером является шина типа RS-485. Она широко используется в промышленной автоматизации, благодаря помехоустойчивости и возможности подключения сразу нескольких устройств. Modbus RTU – один из стандартных протоколов, позволяющий унифицировать взаимодействие с оборудованием. Этот протокол позволяет выполнять операции чтения и записи данных в эти регистры.

Следующим важным элементом является создание архитектуры приложения, а именно архитектуры взаимодействия модулей сбора, обработки и хранения данных. Соблюдая принципы SOLID, был создан класс-интерфейс ITest. В этом классе изначально реализован абстрактный метод Run, позволяющий запустить любой тест. Этот класс помогает реализовать паттерн «Стратегия», что позволяет, в зависимости от введенных параметров, запустить любой тест, не прибегая к изменению кода программы. Далее от этого класса происходит наследование несколькими новыми классами: TestHeat, TestCurrent, TestVoltage. Каждый из этих классов оперирует данными, отправляемыми на стенд форсированных испытаний.

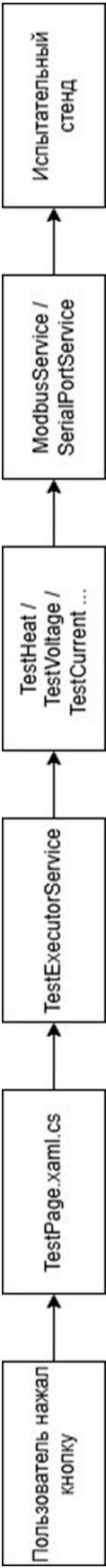


Рис. 1. Этапы вызова элементов архитектуры при запуске теста
Источник: составлено авторами

Таблица 1

Погрешности данных

Параметр	Оборудование	Диапазон	Формула погрешности	Расчет	Абс. погр.	Отн. погр.
Измерение тока	Эл. нагрузка	0–30 А	$\pm(0.03\% \text{изм.} + 0.08\% \text{п.ш})$	$0.0003 \times 10 \text{ A} + 0.0008 \times 30 \text{ A}$	$\pm 0.027 \text{ A}$	$\pm 0.27\%$
Измерение U _{вых}	Эл. нагрузка	0–150 В	$\pm(0.015\% \text{изм.} + 0.03\% \text{п.ш})$	$0.00015 \times 24 \text{ В} + 0.0003 \times 150 \text{ В}$	$\pm 0.0486 \text{ В}$	$\pm 0.203\%$
Измерение U _{вх}	Мультиметр	20–480 В	$\pm 0.2\%$	$0.002 \times 220 \text{ В}$	$\pm 0.44 \text{ В}$	$\pm 0.2\%$
Измерение I _{вх}	Мультиметр	0.025–6.0 А	$\pm 0.2\%$	$0.002 \times 3 \text{ A}^*$	$\pm 0.006 \text{ A}$	$\pm 0.2\%$

Таблица 2

Сравнение характеристик тестирования

Параметр	Ручное тестирование	ПО	Результаты сравнения
Общее время теста 1 БП	40–90 мин	8 мин	Снижение в 8 раз
Частота сбора данных	3–5 замеров	48 замеров	Увеличение в 12 раз
Точность измерений	$\pm 2–5\%$	$\pm 0,5\%$	Увеличение в 5 раз

Источник: составлено авторами.

```

17:10:39.0784 Uвх=90,540В (86,400-93,600В) НОРМА
17:10:39.1084 Iвх=3,0147А (max 4,0000А) НОРМА
17:10:39.1384 Pакт=272,4677Вт
17:10:39.1584 S=272,9254ВА
17:10:39.1784 PF=0,9983
17:10:39.1984 КПД =88,2204%
17:10:39.2284 Температура ячейки=59,3°C (57,0-63,0°C) НОРМА
17:10:39.2584 Uвых=24,037В (23,040-24,960В) НОРМА
17:10:39.2884 Iвых=10,0001А (max 10,0000А) НОРМА
17:10:44.6284 === Зашли в CurentProtThroughR =====
17:10:44.6484 MDV 16
17:10:44.9984 защита 0---> :90,643 ток:3,0086 P:272,207 S:272,6812 Сс
17:10:45.6684 защита 1---> :90,764 ток:3,00188 P:271,9641 S:272,4354
17:10:46.3284 защита 2---> :90,764 ток:3,00188 P:271,9641 S:272,4354
17:10:46.9984 защита 3---> :91,307 ток:1,80029 P:151,678 S:164,3626 С
17:10:47.6884 защита 4---> :91,307 ток:1,80029 P:151,678 S:164,3626 С
17:10:48.3484 защита 5---> :91,256 ток:1,52943 P:138,2042 S:139,5557
17:10:49.0084 защита 6---> :91,609 ток:1,50936 P:137,7805 S:138,2571
17:10:49.6684 защита 7---> :91,166 ток:1,5191 P:137,9932 S:138,4764 С
17:10:50.4684 400 CoilData.getfunc = 0; error = 0; перевод в режим -
17:10:50.4884 защита огр.тока напр:91,166 ток:1,5191 P:137,9932 S:138
17:10:50.6684 *****Измерение в режиме Защиты
17:10:50.7184 Uвхзаш=91,166В (86,400-93,600В) НОРМА
17:10:50.7484 Iвхзаш=1,5191А (max 4,0000А) НОРМА
17:10:50.7784 Pактзаш=137,9932Вт
17:10:50.7984 Sзаш=138,4764ВА
17:10:50.8184 PF заш=0,9965
17:10:50.8384 КПД заш=82,1663%

```

Рис. 2. Фрагмент работы системы
Источник: составлено авторами

После испытания источника питания необходимо зафиксировать получившиеся результаты в виде отчета. Использование баз данных позволяет хранить данные о прохождении испытаний, результатах тестов и другие данные.

Для того чтобы ПО и стенд коммуницировали друг с другом, необходимо реализовать модуль интеграции с аппаратной частью стенда. Основной особенностью данного модуля является обмен управляющими командами между ЭВМ и стендом форсированных испытаний, получение результатов измеренных данных. Для этих целей были созданы два файла: SerialPort и ModbusService. Эти файлы содержат классы для открытия портов с целью передачи данных в виде последовательности сигналов. Первый файл помогает обратиться к системе, на которой установлено ПО, а второй реализует отправку по протоколу ModBus. Схема взаимодействия со стендом представлена на рис. 1.

В результате тестирования полученные данные автоматически сохраняются в базу данных с использованием DataAccessObject – DAO [15].

Использование автоматизированной системы многократно ускоряет процесс тестирования, так как ручное тестирование испытуемых устройств может длиться до нескольких часов¹. Автоматизированная система проведения испытаний позволяет выполнять эти действия за 8 мин с частотой измерений 6 раз/мин по отношению к одному БП. При этом программа позволяет параллельно испытывать большее количество устройств, не теряя при этом скорость измерений. На рис. 2 представлен фрагмент записи работы системы с соответствующими измерениями.

Выполнен анализ точности оборудования. Поскольку основными показателями являются измерение входных и выходных данных силы тока и напряжения, то расчет выполнен на основе характеристик оборудования. Расчеты представлены в табл. 1.

На основе полученных данных также вычисляется КПД, значение которого равно $\pm 0.44\%$. Выполним сравнение характери-

¹ Измерение параметров блоков питания // Power-e. ru. Автоматизация измерений параметров блоков питания. 2017. URL: https://power-e.ru/power_supply/izmerenie-blokov/ (дата обращения: 17.06.2025).

стик ручного и автоматизированного тестирования. Ключевыми метриками является время проведения тестов, количество выполняемых измерений и их точность. Данные представлены на табл. 2.

Частота сбора данных составляет 1 замер в 10 секунд. Одновременное выполнение процесса считывания данных между несколькими ячейками достигается за счет асинхронной архитектуры C#, паттерну «Стратегия», который динамический подгружает тестовые сценарии и тем самым сокращает задержки между этапами.

Выводы

В ходе работы были проведены теоретические исследования испытаний БП. Также было реализовано ПО, позволяющее управлять стендом форсированных испытаний БП. В ходе разработки ПО было протестировано на испытательном стенде. Были получены следующие результаты:

1. Рассмотрены основные физические свойства БП. Было выявлено, что при повышении температуры БП происходит ухудшение стабильности устройства. Это приводит к снижению эффективности преобразования входного напряжения. При этом ускоряется старение компонентов и их выход из строя при постоянном нахождении в критических условиях окружения. Но проведение форсированных испытаний позволяет выявить слабые места.

2. Приведены методы, которых необходимо придерживаться для создания ПО. Эти методы основываются на современных принципах разработки, таких как принцип SOLID и модульное проектирование. Они позволяют обеспечить гибкость и надежность ПО.

3. Было разработано ПО для стенда форсированных испытаний с реализацией паттернов проектирования, среди которых ключевой – «Стратегия». Разработка ПО позволила повысить производительность испытательного стенда форсированных испытаний.

Список литературы

1. Ананченко Л.Н., Клименко И.С., Рогов И.Е. Проблема снижения пульсаций напряжения в источниках электропитания // Молодой исследователь Дона. 2023. Т. 8. № 3 (42). С. 5–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-snizheniya-pulsatsiy-napryazheniya-v-istochnikakh-elektropitaniya> (дата обращения: 01.07.2025).
2. Захаров О.Г. Контрольные испытания блоков питания на надежность // Релейная защита и автоматизация. 2015. № 1 (18). С. 56–61. URL: <http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php/EN/article/view/408> (дата обращения: 01.07.2025). EDN: TQOXJD.
3. Гилемханов Т.Ф., Гибадуллин Р.Ф. Автоматизированный стенд для измерения параметров источников электропитания // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 10 (148). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannyi-stend-dlya-izmereniya-parametrov-istochnikov-elektropitaniya> (дата обращения: 02.07.2025).
4. Битюков В.К., Иванов А.А., Миронов А.В. и др. Стенд для исследования характеристик микросхем источников вторичного электропитания с накачкой заряда // Российский технологический журнал. 2016. Т. 4 № 3 (12). С. 37–52. URL: <https://rtj.mirea.ru/upload/medialibrary/864/bitukovwatermark.pdf> (дата обращения: 02.07.2025).
5. Адам Натан. WPF 4. Подробное руководство: монография. М.: Символ–Плюс, 2020. 880 с. (High Tech). ISBN 978-5-93286-196-7.
6. Ликсин С.С., Лукошкин П.А., Шибанов С.В. Сравнительный анализ шаблонов проектирования приложений с пользовательским интерфейсом // Вестник Пензенского государственного университета. 2021. № 4 (36). С. 79–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-shablonov-proektirovaniya-prilozheniy-s-polzovatel'skim-interfeysom> (дата обращения: 02.07.2025).
7. Сорокин В.А., Бакаев А.А. Организация передачи данных по протоколу Modbus RTU // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции (Оренбург, 28–30 октября 2021 г.). Оренбург: Изд-во ОГУ, 2021. С. 136–139.
8. РД 50-424-83. Надежность в технике. Ускоренные испытания. Основные положения: руководящий нормативный документ: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 окт. 1983 г. № 4903: введен впервые: дата введ. 1985-01-01 / разработ. Государственным комитетом СССР по стандартам. М.: Издательство стандартов, 1985. 12 с.
9. Ромашенко М.А., Гудков А.В. Современные подходы к диагностике и ремонту маломощных импульсных источников питания // Вестник ВГТУ. 2021. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-diaagnostike-i-remontu-malomoschnyh-impul'snyh-istochnikov-pitaniya> (дата обращения: 02.07.2025).
10. Белов В.В., Ханнин Г.И. Результаты исследования влияния величины напряжения питания на срок службы электроприемников // E-Scio. 2019. № 6 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-issledovaniya-vliyaniya-velichiny-napryazheniya-pitaniya-na-srok-sluzhby-elektropriemnikov> (дата обращения: 03.07.2025).
11. ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007. Безопасность машин. Электрическое оборудование машин. Ч. 1. Общее требование: нац. стандарт Российской Федерации: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 27 дек. 2007 №499-ст: введ. взамен ГОСТ 60204-1-99: дата введ. 01.07.2008 / разработ. ОАО «ЭНИМС». М.: Стандартинформ, 2007. 62 с.
12. Alekseev K. Relational database problems // Кибернетика и программирование. 2020. № 2. С. 7–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/relational-database-problems> (дата обращения: 30.04.2025). DOI: 10.25136/2644-5522.2020.2.34076.
13. Бежик А.А., Мажей Я.В. Сравнительный анализ микросервисной и монолитной архитектуры // Столыпинский вестник. 2022. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-mikro-servisnoy-i-monolitnoy-arhitektury> (дата обращения: 02.07.2025).
14. Мартин Р.С. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2024. 352 с. ISBN 978-5-4461-0772-8.
15. Jánki Z.R., Bilicki V. The Impact of the Web Data Access Object (WebDAO) Design Pattern on Productivity // Computers. 2023. Vol. 12, Is. 8. P. 149. URL: <https://www.mdpi.com/2073-431X/12/8/149> (дата обращения: 05.06.2025). DOI: 10.3390/computers12080149.

УДК 004:502.057

DOI 10.17513/snt.40460

ВЫБОР СТРАТЕГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ АЭРОАКВАПОННОЙ УСТАНОВКОЙ

¹Нечипоренко А.Ю., ²Пiotrovский Д.Л.¹РТУ МИРЭА «Российский технологический университет», Москва²РТУ МИРЭА «Российский технологический университет», Москва,

e-mail: piotrovsky2005@yandex.ru.

В статье рассматривается проблема создания эффективных систем управления аэроаквапонными установками – замкнутых экосистем для совместного выращивания растений и водных организмов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки автоматизированных систем управления для повышения производительности и экономической эффективности таких установок. Целью исследования является определение управляющих воздействий для технологического процесса выращивания картофеля в аэроаквапонной установке. В работе использовались методы математического моделирования, включая разработку дифференциальных уравнений для описания температурных режимов и влажности в камерах установки, а также параметров водной среды в аквариуме. Особое внимание уделено анализу нелинейности и нестационарности системы, что потребовало применения численных методов управления. В результате исследования были разработаны комплексные математические модели технологических процессов, протекающих в аэроаквапонной установке. Созданы модели контроля температуры и влажности в камерах для разных сезонов эксплуатации, учитывающие процессы испарения и увлажнения. Разработаны модели управления pH в аквариуме с учетом влияния аммиака и необходимости обновления воды. Проанализирована взаимосвязь управляющих сигналов, что позволило определить необходимость использования ПИ-регуляторов для точного поддержания параметров. Полученные результаты позволяют создать эффективную систему автоматического управления аэроаквапонной установкой, обеспечивающую оптимальные условия для выращивания картофеля. Разработанные математические модели и рекомендации по выбору управляющих параметров могут быть использованы для создания автоматизированных систем управления аналогичными установками.

Ключевые слова: аэроаквапоника, математическая модель, автоматическое управление, температурные режимы, влажность воздуха, системы управления, автоматическое управление

TO THE CHOICE OF CONTROLLABLE PARAMETERS OF AERO AQUAPONIC SYSTEM

¹Nechiporenko A.U., ²Piotrovsky D.L.¹Russian Technological University, Moscow²Russian Technological University, Moscow, e-mail: piotrovsky2005@yandex.ru.

The article discusses the problem of creating effective control systems for aeroponic installations—closed ecosystems for the joint cultivation of plants and aquatic organisms. The relevance of the research is due to the need to develop automated control systems to increase the productivity and economic efficiency of such installations. The aim of the study is to analyze the control system of an aeroponic installation using the example of potato cultivation. The work used mathematical modeling methods, including the development of differential equations to describe temperature regimes and humidity in the installation chambers, as well as the parameters of the aquatic environment in the aquarium. Particular attention was paid to the analysis of the nonlinearity and non-stationarity of the system, which required the use of numerical control methods. As a result of the research, comprehensive mathematical models of the technological processes of the aeroponic installation were developed. Models for controlling temperature and humidity in the chambers for different seasons of operation were created, taking into account the processes of evaporation and humidification. Models for controlling the pH in the aquarium were developed, taking into account the influence of ammonia and the need to renew the water. The interrelationship of control signals was analyzed, which made it possible to determine the need to use PI controllers to accurately maintain the parameters. The results obtained make it possible to create an effective automatic control system for an aeroponic installation, providing optimal conditions for growing potatoes. The developed mathematical models and recommendations for selecting control parameters can be used to create automated control systems for similar installations.

Keywords: aeroaquaponics, mathematical model, automatic control, temperature regimes, air humidity, control systems, automatic control

Введение

Аэроаквапонные установки представляют собой замкнутые экосистемы, в которых происходит взаимосвязанное выращивание растений и водных организмов [1, 2]. В таких системах растения получают пи-

тательные вещества из воды, обогащенной продуктами жизнедеятельности рыб, а растения, в свою очередь, очищают воду. Это позволяет создать практически безотходное производство с высокой эффективностью использования ресурсов [3, 4].

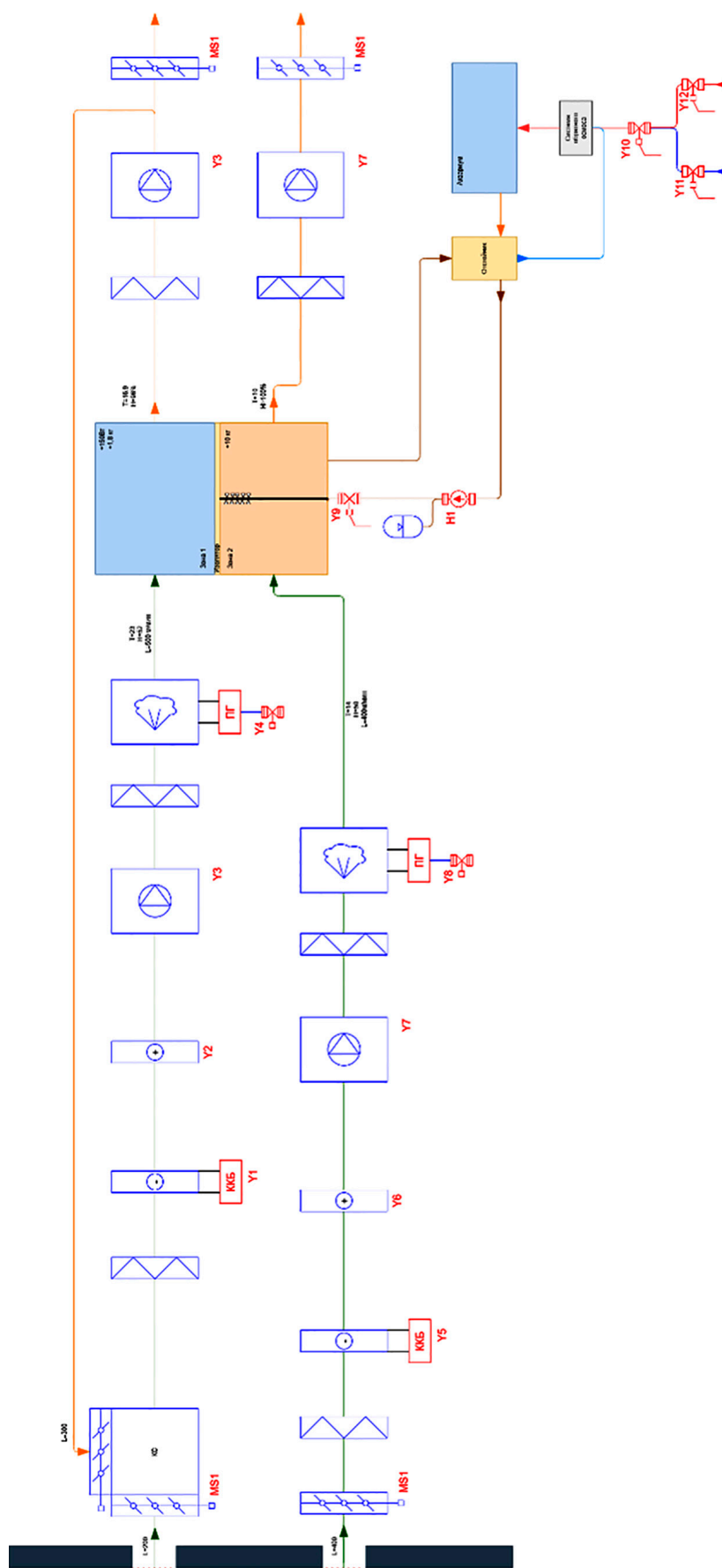


Схема вентиляции и водоснабжения аэробиканной установки
 Источник: составлено авторами

Особое значение аэроаквапоника приобретает в условиях городских территорий, где ограничен доступ к земельным участкам [5]. Кроме того, данная технология позволяет осуществлять круглогодичное выращивание сельскохозяйственных культур независимо от климатических условий, что делает ее особенно привлекательной для промышленного применения [6].

Практическая ценность исследования выражается в том, что его результаты могут быть использованы для разработки систем автоматического управления аэроаквапонными установками. Это, в свою очередь, приведет к увеличению их производительности и будет способствовать экономической целесообразности.

Цель исследования – определение управляющих воздействий для технологического процесса выращивания картофеля в аэроаквапонной установке.

Материалы и методы исследования

Все исследования проводились на базе Российского технологического университета МИРЭА.

На рисунке представлена схема вентиляции и водоснабжения аэроаквапонной установки. Вентиляционная подсистема выполнена по двухкамерной схеме [5] с последовательным расположением компонентов в приточном контуре: регулируемая воздушная заслонка, камера смешивания для верхней камеры установки, фильтрующий элемент грубой очистки воздуха, компрессорно-конденсаторный блок (обозначения Y1, Y5), трубчатый электронагреватель (Y2, Y6), вентилятор (Y3, Y7), фильтр тонкой очистки воздуха и парогенератор (Y4, Y8). В вытяжном контуре реализована аналогичная конфигурация оборудования: фильтр очистки воздуха, вентилятор и регулируемая воздушная заслонка. Водяная подсистема включает в себя рыбоводный аквариум, резервуар-отстойник для загрязненной воды, осмотическую установку водоочистки, регулирующие клапана и насосный агрегат высокого давления (H1) с гидроаккумулятором.

Методологическая база включает разработку дифференциальных уравнений для

описания изменения температуры и влажности в верхней и нижней камерах, а также параметров водной среды в аквариуме. Особое внимание уделяется анализу нелинейности и нестационарности системы, что требует применения численных методов управления. В работе используются пропорционально-интегральные регуляторы для контроля кондиционеров, трубчатых электронагревателей, парогенераторов и клапанов подачи воды, а также рассматривается возможность применения дискретного управления для некоторых элементов системы. Исследование учитывает сезонность работы установки, что позволяет создать эффективную систему управления технологическими процессами выращивания картофеля [7, 8].

Для обеспечения точности и надежности управления проведен детальный анализ взаимосвязей между управляющими сигналами и их влиянием на различные параметры системы [9, 10]. Моделирование включает разработку систем уравнений, описывающих тепловой и материальный баланс, взаимосвязь концентрации аммиака и pH, а также температурный режим воды в аквариуме.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку система является двухкамерной [1], следует рассматривать каждую камеру по отдельности.

Также стоит учитывать сезонность работы установки, так как в зимний сезон процесс изменения температуры значительно отличается от изменений ее в летний сезон [11, 12].

Классический подход получения математической модели технологического процесса базируется на уравнениях материального и теплового баланса. Исходные уравнения (1), (3), (8), (13) и (15) составлены авторами в соответствии с особенностями функционирования установки (рисунок).

Исходным уравнением для получения модели «подача воздуха – температура в верхней камере летом» является уравнение теплового баланса без учета тепловых потерь, которое будет иметь вид:

$$v_{kl} \times C_{воз} \times (T_{тэл} - T_{ккбл} + T_{кк}) \times dt = (m_6 \times C_6) \times dT_{кл1}, \quad (1)$$

где v_{kl} – массовый расход воздуха, продуваемого через верхнюю камеру, л/с; $C_{воз}$ – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(°C * кг); $T_{тэл}$ – температура воздуха после трубчатого электронагревателя (ТЭН), °C; $T_{ккбл}$ – температура воздуха после теплообменника компрессорно-конденсаторного блока (ККБ), °C; $T_{кк}$ – температура воздуха после камеры смешивания с вытяжным воздухом, °C; m_6 – масса ботвы, кг; C_6 – удельная теплоемкость ботвы, Дж/(°C * кг); $dT_{кл1}$ – приращение температуры воздуха в верхней камере летом за время dt , °C.

Запишем выражение для определения приращения температуры в верхней камере:

$$dT_{\text{кл1}} = \frac{v_{\text{к1}} * C_{\text{воз}} * (T_{\text{тэп1}} - T_{\text{ккб1}} + T_{\text{кк}})}{m_6 * C_6} * dt. \quad (2)$$

Расход среды в общем виде определяется выражением:

$$q = q_{\text{max}} * A_0 * \sqrt{P_{\text{м}} - P_{\text{атм}}}, \quad (3)$$

где q – массовый расход среды через регулирующий орган, кг/с; q_{max} – массовый расход среды через регулирующий орган при перепаде давления на нем 0,1 МПа, кг/(Па * с); A_0 – степень открытия регулирующего органа; $P_{\text{м}}$ – давление в магистрали, Па; $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, Па.

Подставляя в формулу (2) выражение (3), без учета инерционности исполнительного механизма, получаем искомое дифференциально выражение:

$$\frac{dT_{\text{кл1}}}{dt} = \frac{v_{\text{к1}} * C_{\text{воз}} * (T_{\text{тэп1}} * Y_2 - T_{\text{ккб1}} / Y_1 + T_{\text{кк}})}{m_6 * C_6} * Y_3, \quad (4)$$

где Y_1 – управляющий сигнал мощностью ККБ; Y_2 – управляющий сигнал мощностью ТЭНа; Y_3 – управляющий сигнал мощностью двигателей, обеспечивающих газообмен в верхней камере.

Поскольку в зимний период единственное отличие в работе – это отсутствие осушения и охлаждения [13, 14], то ККБ в расчетах не учитывается и выражение (4) будет иметь вид:

$$\frac{dT_{\text{кз1}}}{dt} = \frac{v_{\text{к1}} * C_{\text{воз}} * (T_{\text{тэп1}} * Y_2 + T_{\text{кк}})}{m_6 * C_6} * Y_3, \quad (5)$$

где $dT_{\text{кз1}}$ – приращение температуры воздуха в верхней камере зимой за время dt , °С.

Так как нижняя камера отличается от верхней только отсутствием камеры смешивания и распылением дополнительной влаги (питательного раствора), то уравнения для летнего (4) и зимнего (5) режимов будут иметь вид:

$$\frac{dT_{\text{кл2}}}{dt} = \frac{v_{\text{к2}} * C_{\text{воз}} * (T_{\text{тэп2}} * Y_6 - T_{\text{ккб2}} / Y_5) + q_{\text{к1}} * C_{\text{в}} * T_{\text{в}} * Y_9}{m_{\text{к}} * C_{\text{к}}} * Y_7, \quad (6)$$

где $q_{\text{к1}}$ – массовый расход воды через клапан аэрационной системы, л/с; $C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, Дж/(°С * кг); $T_{\text{в}}$ – температура воды, поступающей в систему, °С; $dT_{\text{кл2}}$ – приращение температуры воздуха в нижней камере летом за время dt , °С; Y_5 – управляющий сигнал мощностью ККБ; Y_6 – управляющий сигнал мощностью ТЭНа; Y_7 – управляющий сигнал мощностью двигателей, обеспечивающих газообмен в нижней камере; Y_9 – управляющий сигнал клапаном аэрации.

С учетом указанных выше особенностей работы в зимний период получаем, что выражение (8) будет иметь вид:

$$\frac{dT_{\text{кз2}}}{dt} = \frac{v_{\text{к2}} * C_{\text{воз}} * T_{\text{тэп2}} * Y_6 + q_{\text{к1}} * C_{\text{в}} * T_{\text{в}} * Y_9}{m_{\text{к}} * C_{\text{к}}} * Y_7, \quad (7)$$

где $dT_{\text{кз2}}$ – приращение температуры воздуха в нижней камере зимой за время dt , °С.

Исходным уравнением для получения модели по каналу «переосушение и увлажнение воздуха – влажность воздуха в верхней камере летом» является уравнение материального баланса, имеющее вид:

$$v_{\text{к1}} * (V_{\text{вх1}} - V_{\text{вых1}}) * dt = (P_{\text{увл1}} - m_{\text{конд1}} + m_{\text{кк}}) * dH_{\text{кл1}}, \quad (8)$$

где $v_{\text{к1}}$ – массовый расход воздуха, продуваемого через верхнюю камеру, л/с; $V_{\text{вх1}}$ – начальное влагосодержание воздуха на входе, г/кг; $V_{\text{вых1}}$ – конечное влагосодержание воздуха на выходе, г/кг; $P_{\text{увл1}}$ – производительность увлажнителя, л/с; $m_{\text{конд1}}$ – масса конденсата на выходе ККБ, л/с; $m_{\text{кк}}$ – приращение влагосодержания после камеры смешивания, л; $dH_{\text{кл1}}$ – приращение влажности в верхней камере установки за время dt , учитывающее естественное испарение влаги с поверхности листьев летом, кг.

Подставляя в формулу (10) выражение (3), без учета инерционности исполнительного механизма, получаем искомое дифференциально выражение:

$$\frac{dH_{\text{кл1}}}{dt} = \frac{P_{\text{увл1}} * Y_4 - m_{\text{конд1}} * Y_1 + m_{\text{кс}} * Y_3}{(V_{\text{вх}} - V_{\text{вых}}) * v_{\text{кл}}}, \quad (9)$$

где Y_1 – управляющий сигнал мощностью ККБ; Y_3 – управляющий сигнал мощностью двигателей, обеспечивающих газообмен в верхней камере; Y_4 – управляющий сигнал клапаном подачи воды для повышения влажности входящего в верхнюю камеру воздуха.

С учетом указанных выше особенностей работы в зимний период получаем, что выражение (9) будет иметь вид:

$$\frac{dH_{\text{кз1}}}{dt} = \frac{P_{\text{увл1}} * Y_4 + m_{\text{кс}}}{(V_{\text{вх1}} - V_{\text{вых1}}) * v_{\text{кл}}}, \quad (10)$$

где $dH_{\text{кз1}}$ – приращение влажности в верхней камере установки за время dt , учитывающее естественное испарение влаги с поверхности листьев зимой, кг.

Так как нижняя камера отличается от верхней только отсутствием камеры смешивания и распылением дополнительной влаги (питательного раствора), то уравнения для летнего (9) и зимнего (10) режимов будут иметь вид:

$$\frac{dH_{\text{кл2}}}{dt} = \frac{P_{\text{увл2}} * Y_8 - m_{\text{конд2}} * Y_5 + m_{\text{рпр}} * Y_9}{(V_{\text{вх2}} - V_{\text{вых2}}) * v_{\text{к2}}}, \quad (11)$$

где $m_{\text{рпр}}$ – масса распыленного питательного раствора, л/с; $dH_{\text{кл2}}$ – приращение влажности в нижней камере установки за время dt , учитывающее естественное испарение влаги с поверхности листьев летом, кг; Y_5 – управляющий сигнал мощностью ККБ; Y_7 – управляющий сигнал мощностью двигателей, обеспечивающих газообмен в нижней камере; Y_8 – управляющий сигнал клапаном подачи воды для повышения влажности входящего в нижнюю камеру воздуха; Y_9 – управляющий сигнал клапаном аэрации.

$$\frac{dH_{\text{кз2}}}{dt} = \frac{P_{\text{увл2}} * Y_8 + m_{\text{рпр}} * Y_9}{(V_{\text{вх2}} - V_{\text{вых2}}) * v_{\text{к2}}}, \quad (12)$$

где $dH_{\text{кз2}}$ – приращение влажности в верхней камере установки за время dt , учитывающее естественное испарение влаги с поверхности листьев зимой, кг.

Экспериментальные данные указывают на необходимость поддержания постоянного уровня pH в течение всего периода выращивания, поскольку его отклонения от оптимального значения существенно влияют на продуктивность. Постоянный контроль pH осуществляется в аквариуме с рыбами.

Рыбы в процессе жизнедеятельности [15] выделяют аммиак (NH_3), который, взаимодействуя с водой, образует гидроксид аммония (NH_4OH), что приводит к повышению pH в зависимости от концентрации. Концентрация аммиака и pH связаны уравнением Генри. При температуре 22–24°C и нормальном атмосферном давлении:

$$dpH = \left(10 - pKa + \log \left(\frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta[\text{NH}_4^+]}\right) \right) * dt, \quad (13)$$

где dpH – изменение показателя pH раствора; $\Delta[\text{NH}_3]$ – изменение концентрации аммиака; $\Delta[\text{NH}_4^+]$ – изменение концентрации ионов аммония; pKa – диссоциационная константа основания конкретного соединения (для NH_3 равна примерно 9,25).

Поскольку NH_3 является слабым соединением, концентрация ионов аммония приблизительно равна концентрации аммиака. При концентрации NH_3 в 1 моль/л pH составляет 9,25, что значительно выше оптимального уровня.

Для поддержания оптимального pH необходимо его постоянное снижение. Это достигается мониторингом pH и регулярным обновлением воды. Грязная вода направляется в отстойники для получения концентрата аммиака, а лишняя вода смешивается с внешней водой, проходит через системы обратного осмоса, минерализации и аэрации, после чего возвращается в аквариум с заданным pH.

В концентрат аммиака добавляются минеральные вещества для получения оптимального раствора по питательным веществам и pH.

Подставляя в формулу (13) выражение (3), без учета инерционности исполнительного механизма, получаем искомое дифференциально выражение:

$$\frac{dpH}{dt} = \left(10 - pKa + \log \left(\frac{\Delta[NH_3]}{\Delta[NH_4^+]} \right) \right) * Y_{10}, \quad (14)$$

где Y_{10} – управляющий сигнал клапаном подачи воды в аквариум.

Исходным управлением для получения модели «Изменение температуры подаваемой воды – температура в аквариуме» является уравнение теплового баланса без учета тепловых потерь, которое будет иметь вид:

$$V_{\text{воды}} * C_{\text{воды}} * dT_{\text{ак}} = (Q_{\text{гв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{гв}} - T_{\text{ак}}(t)) + Q_{\text{хв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{хв}} - T_{\text{ак}}(t))) dt \quad (15),$$

где $V_{\text{воды}}$ – общий объем воды, л; $C_{\text{воды}}$ – удельная теплоемкость воды, Дж/(°C * кг); $Q_{\text{гв}}$ – объем горячей воды, поступающей в аквариум, л/мин; $Q_{\text{хв}}$ – объем холодной воды, поступающей в аквариум, л/мин; $T_{\text{гв}}$ – температура горячей воды, °C; $T_{\text{хв}}$ – температура холодной воды, °C; $T_{\text{ак}}(t)$ – температура воды в аквариуме в момент времени dt , °C; $dT_{\text{ак}}$ – приращение температуры воды в аквариуме за время dt , °C.

Запишем выражение для определения приращения температуры в аквариуме:

$$dT_{\text{к1}} = \frac{Q_{\text{гв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{гв}} - T_{\text{ак}}(t)) + Q_{\text{хв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{хв}} - T_{\text{ак}}(t))}{V_{\text{воды}} * C_{\text{воды}}} * dt. \quad (16)$$

Подставляя в формулу (16) выражение (3), без учета инерционности исполнительного механизма, получаем искомое дифференциально выражение:

$$\frac{dT_{\text{ак}}}{dt} = \left(\frac{Q_{\text{гв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{гв}} - T_{\text{ак}}(t))}{q_{\text{ак}}} * Y_{12} + \frac{Q_{\text{хв}} * C_{\text{воды}} * (T_{\text{хв}} - T_{\text{ак}}(t))}{q_{\text{ак}}} * Y_{11} \right) Y_{10}, \quad (17)$$

где Y_{10} – управляющий сигнал клапаном подачи воды в аквариум; Y_{11} – управляющий сигнал открытия клапана с холодной водой; Y_{12} – управляющий сигнал открытия клапана с горячей водой.

В качестве переменных состояния для предполагаемой системы управления процессом выращивания картофеля принимаем:

- x_1 – температура воздуха в верхней камере, $T_{\text{к1}}$;
- x_2 – температура воздуха в нижней камере, $T_{\text{к2}}$;
- x_3 – влажность воздуха в верхней камере, $H_{\text{к1}}$;
- x_4 – влажность воздуха в нижней камере, $H_{\text{к2}}$;
- x_5 – уровень pH в аквариуме, pH;
- x_6 – температура воды в аквариуме, $T_{\text{ак}}$.

Проанализируем полученные уравнения (1–17) математических моделей с добавленными управляющими параметрами и преобразуем их в форму дифференциальных уравнений первого порядка относительно первой производной переменной состояния. Для упрощения последующей работы введем новые обозначения.

Так, для модели изменения температуры воздуха в верхней камере летом получаем:

Так, для модели изменения температуры воздуха в верхней камере летом получаем:

$$\dot{x}_1 = a_1 b_1 Y_2 Y_3 - a_1 b_2 Y_3 / Y_1 + a_1 b_3 Y_3, \quad (18)$$

где $a_1 = \frac{v_{\text{к1}} * C_{\text{воз}}}{m_6 * C_6}$; $b_1 = T_{\text{тн1}}$; $b_2 = T_{\text{ккб1}}$; $b_3 = T_{\text{кк}}$.

Для модели изменения температуры воздуха в верхней камере зимой получаем:

$$\dot{x}_1 = a_1 b_1 Y_2 Y_3 + a_1 b_3 Y_3. \quad (19)$$

Для модели изменения температуры воздуха в нижней камере летом получаем:

$$\dot{x}_2 = a_2 a_3 b_4 Y_6 Y_7 - a_2 a_3 b_5 Y_7 / Y_5 + a_2 a_4 Y_9 Y_7, \quad (20)$$

где $a_2 = \frac{1}{m_3 * C_3}$; $a_3 = v_{к2} * C_{воз}$;

$$a_4 = q_{c1} * C_b * T_b; \quad b_4 = T_{гн2}; \quad b_5 = T_{кк62}.$$

Для модели изменения температуры воздуха в нижней камере зимой получаем:

$$\dot{x}_2 = a_2 a_3 b_4 Y_6 Y_7 + a_2 a_4 Y_9 Y_7. \quad (21)$$

Для модели изменения влажности воздуха в верхней камере летом получаем:

$$\dot{x}_3 = a_5 b_6 Y_4 Y_3 - a_5 b_7 Y_1 Y_3 + a_5 b_8 Y_3, \quad (22)$$

где $a_5 = \frac{1}{(V_{вх1} - V_{вых1}) * v_{к1}}$;

$$b_6 = P_{увл1}; \quad b_7 = m_{конд1}; \quad b_8 = m_{кв}.$$

Для модели изменения влажности воздуха в верхней камере зимой получаем:

$$\dot{x}_3 = a_5 b_6 Y_4 Y_3 + a_5 b_8 Y_3. \quad (23)$$

Для модели изменения влажности воздуха в нижней камере летом получаем:

$$\dot{x}_4 = a_6 b_9 Y_7 Y_8 - a_6 b_{10} Y_5 Y_7 + a_6 b_{11} Y_9 Y_7, \quad (24)$$

где $a_6 = \frac{1}{(V_{вх2} - V_{вых2}) * v_{к2}}$;

$$b_9 = P_{увл2}; \quad b_{10} = m_{конд2}; \quad b_{11} = m_{рпр}.$$

Для модели изменения влажности воздуха в нижней камере зимой получаем:

$$\dot{x}_4 = a_6 b_9 Y_7 Y_8 + a_6 b_{11} Y_9 Y_7. \quad (25)$$

Для модели изменения параметра pH воды в аквариуме получаем:

$$\dot{x}_5 = b_{12} Y_{10}, \quad (26)$$

где

$$b_{12} = 10 - pKa + \log \left(\frac{\Delta[NH_3]}{\Delta[NH_4^+]} \right).$$

Для модели изменения температуры воды в аквариуме получаем:

$$\dot{x}_6 = b_{13} Y_{11} Y_{10} + b_{14} Y_{12} Y_{10}, \quad (27)$$

где

$$b_{13} = \frac{Q_{хв} * C_{воды} * (T_{хв} - T_{ак}(t))}{q_{ак}};$$

$$b_{14} = \frac{Q_{гв} * C_{воды} * (T_{гв} - T_{ак}(t))}{q_{ак}}.$$

Из полученных уравнений наглядно видно, что многие управляющие сигналы пересекаются друг с другом по воздействию на систему. С учетом этого систему уравнений, которая описывает перемещение системы в пространстве переменных состояния, представим как:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2a_1 b_1 Y_2 Y_3 - a_1 b_2 Y_3 / Y_1 + 2a_1 b_3 Y_3 \\ \dot{x}_2 = 2a_2 a_3 b_4 Y_6 Y_7 - a_2 a_3 b_5 Y_7 / Y_5 + 2a_2 a_4 Y_9 Y_7 \\ \dot{x}_3 = 2a_5 b_6 Y_4 Y_3 - a_5 b_7 Y_1 Y_3 + 2a_5 b_8 Y_3 \\ \dot{x}_4 = 2a_6 b_9 Y_7 Y_8 - a_6 b_{10} Y_5 Y_7 + 2a_6 b_{11} Y_9 Y_7 \\ \dot{x}_5 = b_{12} Y_{10} \\ \dot{x}_6 = b_{13} Y_{11} Y_{10} + b_{14} Y_{12} Y_{10} \end{cases} \quad (28)$$

Система уравнений (28) моделирует движение объекта в пространстве состояний. Ввиду наличия произведений переменных состояний, которые изменяются в процессе функционирования системы, данная система характеризуется как нелинейная и нестационарная. В такой форме невозможно найти аналитическое решение задачи оптимального управления, поэтому целесообразно применять численные методы. При этом важно учитывать вопросы существования и оптимальности решения.

Проанализируем систему, поведение которой определяется формулой (28). В управляющей подсистеме определена область регулирования Y. Приемлемыми способами управления являются любые кусочно-непрерывные функции Y(t)=(Y1(t), ..., Y12(t)), значения которых находятся в пределах области Y. В фазовом пространстве X выделены начальная точка x0 и целевая точка x1.

Выбор типов управляющих воздействий

Дискретное управление	Непрерывное управление
Y3, Y7 (вентиляторы)	Y1, Y5 (ККБ)
Y9 (клапан подачи воды в нижнюю камеру)	Y2, Y6 (ТЭН)
Y10 (клапан подачи воды в аквариум)	Y4, Y8 (парогенератор)
	Y11 (клапан подачи холодной воды)
	Y12 (клапан подачи горячей воды)

Примечание: составлено авторами.

Траектория движения системы $(\overline{Y(t)}, x(t))$ от начального момента до времени T считается оптимальной, если она обеспечивает переход из начального состояния x_0 в конечное x_1 за минимальное время и с наилучшим качеством управления, выраженным в минимуме функционала. Для каждой фазы процесса выращивания картофеля в аэроаквапонной установке можно сформировать стратегию управления.

Проведенные экспериментальные исследования в области управления процессом аэроаквапонии в установке (рисунок) позволили сформировать практические рекомендации по выбору типов управляющих воздействий (таблица).

Полученные уравнения для летнего периода (4), (6), (9), (11), (14), (17) и зимнего периода (5), (7), (10), (12), (14), (17) с точностью 94,3 % (для лета) и 92,7 % (для зимы) описывают динамику исследуемых процессов. Сравнение производилось с экспериментальными данными, полученными авторами в период с июля по сентябрь 2024 г. и с декабря по февраль 2025 г.

Заключение

В ходе исследования были разработаны комплексные математические модели технологических процессов аэроаквапонной установки для выращивания картофеля. Модели описывают температурные режимы в камерах установки для разных сезонов эксплуатации, учитывают нелинейность и нестационарность системы, что требует применения численных методов управления. Созданы модели контроля влажности воздуха с учетом процессов испарения и увлажнения, а также модель управления рН в аквариуме, учитывающая влияние аммиака и необходимость обновления воды. Разработаны математические описания температурных режимов воды в аквариуме с учетом подачи горячей и холодной воды. Анализ показал взаимосвязь управляющих сигналов, что требует использования ПИ-регуляторов для точного поддержания параметров в заданных пределах.

Список литературы

1. Нечипоренко А.Ю., Пиотровский Д.Л. Математическое моделирование процесса аэроаквапонии с определением оптимальных технологических параметров // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 11. С. 75-79. DOI: 10.17513/snt.40213. EDN: KUOUYZ. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40213> (дата обращения: 19.05.2025).
2. Нечипоренко А.Ю., Пиотровский Д.Л., Кладов А.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024686770 Российская Федерация. Программа расчета оптимальных параметров функции множества переменных: № 2024686186: заявл. 02.11.2024; опубл. 12.11.2024. EDN: OLTNDH.
3. Нуридинов Я.А., Ярова Э.Т., Мальчихина О.Г., Тоболова Г.В., Колошина К.А. Продуктивность меристемного картофеля в искусственных средах аэропонных и гидропонных установок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 102-106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-meristemnogo-kartofelya-v-iskusstvennyh-sredah-aeroponnyh-i-gidroponnyh-ustanovok> (дата обращения: 19.05.2025).
4. Эскобар Х.П., Сандоваль А.А., Биензи П.М., Саласар Х.Д. Здания вертикальных ферм в умных городах // Системные технологии. 2020. № 1 (34). С. 73-76. EDN: TUTJRH. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zdaniya-vertikalnyh-ferm-v-umnyh-gorodah> (дата обращения: 19.05.2025).
5. Ленченко С.О., Львов Ю.Б. Динамика гидрохимических показателей воды УЗВ при интегрированном выращивании рыбы и растений // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 12-1 (114). С. 134-136. DOI: 10.23670/IRJ.2021.114.12.021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-gidrohicheskikh-pokazateley-vody-uzv-pri-integrirovannom-vyraschivanii-ryby-i-rasteniy> (дата обращения: 19.05.2025).
6. Юрина Н.А. Использование аквапонного метода // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 10-1 (112). С. 73-76. DOI: 10.23670/IRJ.2021.112.10.012. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-akvaponnogo-metoda> (дата обращения: 19.05.2025).
7. Калайда М.Л., Борисова С.Д. Аквапоническое выращивание рыбы и овощей // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК. 2024. № 2. С. 126-129. DOI: 10.24412/2311-6447-2024-2-126-129. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akvaponicheskoe-vyraschivanie-ryby-i-ovoschey> (дата обращения: 19.05.2025).
8. Найденов С.В., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Регулирование водного режима осушительно-увлажнительных систем в пределах Садковского магистрального канала // Природообустройство. 2019. № 2. С. 34-40. DOI: 10.34677/1997-6011/2019-2-34-40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-vodnogo-rezhima-osushitelno-uvlazhnitelnyh-sistem-v-predelah-sadkovskogo-magistralnogo-kanala> (дата обращения: 19.05.2025).
9. Хутинаев О.С., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., Шабанов Н.Э., Колесова О.С. Выращивание миникулубней картофеля и топинамбура в условиях во-

дно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения // *Агроинженерия*. 2018. № 4 (86). С. 7-14. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-4-7-14 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyraschivanie-miniklubney-kartofelya-i-topinambura-v-usloviyah-vodno-vozduшной-kultury-s-ispolzovaniem-iskusstvennogo-osvescheniya> (дата обращения: 19.05.2025).

10. Колтунов Л.И., Гольцов Ю.А., Кижук А.С. Математические модели комплексного исследования закономерностей электростатических устройств фильтрации и ионизации воздуха // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2017. № 10. С. 154-160. DOI: 10.12737/article_59cd0c69ca3b13.11132870. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskie-modeli-kompleksnogo-issledovaniya-zakonomernostey-elektrostaticheskikh-ustroystv-filtratsii-i-ionizatsii-vozduha> (дата обращения: 19.05.2025).

11. Бройда В.А. Оценка эффективности регулирования естественной вентиляции // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2004. №1 (2). С. 76-78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-regulirovaniya-estestvennoy-ventilyatsii> (дата обращения: 19.05.2025).

12. Ядарова О.Н., Федоров Е.О., Гильденберг Б.М., Сучков В.О., Славутский Л.А. Комплексный контроль параметров регулирования системы вентиляции с заслонками // *Вестник Чувашского университета*. 2016. №3. С. 149-154.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-kontrol-parametrov-regulirovaniya-sistemy-ventilyatsii-s-zaslonkami> (дата обращения: 19.05.2025).

13. Левицкий Ж. Г., Нургалиева А.Д. Управление расходами воздуха в вентиляционной сети с активным регулятором // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2011. № 4. С. 23-27. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-rashodami-vozduha-v-ventilyatsionnoy-seti-s-aktivnym-regulyatorom> (дата обращения: 19.05.2025).

14. Ершов С.В., Сергеева Т.Е. Исследование интеллектуально адаптивной системы автоматического контроля микроклимата // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2013. № 12-2. С. 82-88. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-intellektualno-adaptivnoy-sistemy-avtomaticheskogo-kontrolya-mikroklimata> (дата обращения: 19.05.2025).

15. Корниенко С.В., Кизеров А.А., Горлов И.Ф. Вентиляция с нагнетанием или разряжением воздуха в помещениях для животных // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2025. № 1 (79). С. 282-293. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ventilyatsiya-s-nagnetaniem-ili-razryazheniem-vozduha-v-pomescheniyah-dlya-zhivotnyh> (дата обращения: 19.05.2025).

УДК 004.04

DOI 10.17513/snt.40461

АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВХОДНОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО УСТАНОВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ «ИСПОЛНИТЕЛЬ – ЗАДАЧА»

Пучкова М.А.

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, e-mail: puchkova@mirea.ru*

Целью исследования является разработка алгоритма формирования входного набора данных с учетом их разнородности для последующей генерации разнородных вариативных связей «исполнитель – задача», как инструмента интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах. В качестве новизны разработанного алгоритма выступает установление синтеза между экспертами и методами интеллектуального анализа данных при формировании слабо формализованного входного признакового пространства. Основой для реализации указанного подхода идентификации исполнителя выступают ключевые слова, формирующиеся из разнородной совокупности текстовых данных с применением методов векторизации. Подробно рассмотрена последовательность этапов представленного алгоритма. Также некоторые этапы детализированы на примере формирования входного набора данных для учебной дисциплины в целях решения задачи распределения дисциплин между преподавателями. Представлена возможность применения трехуровневой взвешенной экспертной оценки, необходимой для реализации этапа выбора семантически значимой части или частей исходного документа, а также при проведении очистки данных и формировании словаря исключений. Рассмотрены на примере образовательной организационной структуры результаты формирования облака ключевых слов учебной дисциплины, полученные с применением предложенного алгоритма интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных. В отличие от существующих решений представленный алгоритм содержит применение технологий искусственного интеллекта с учетом разнородности входного набора данных и позволяет улучшить качество входного набора данных в целях увеличения точности при последующем установлении разнородных связей между исполнителем и задачами в рамках подхода, реализующего интеллектуальную поддержку принятия решения.

Ключевые слова: алгоритм, входные данные, обработка данных, интеллектуальная поддержка, формирование данных, оптимизация, генерация связей

AN ALGORITHM FOR INTELLIGENT DECISION SUPPORT IN THE FORMATION OF AN INPUT DATA SET FOR THE SUBSEQUENT ESTABLISHMENT OF PERFORMER-TASK RELATIONSHIPS

Puchkova M.A.

MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: puchkova@mirea.ru

As a tool for intellectual support of managerial decision-making in organizational systems, the article presents an algorithm for generating an input data set, taking into account their heterogeneity, for the subsequent generation of multi-level variable performer-task relationships. The novelty of the developed algorithm is the establishment of a synthesis between experts and data mining methods in the formation of a weakly formalized input feature space. The basis for the implementation of this approach to the identification of the performer are keywords formed from a heterogeneous set of text data using vectorization methods. The sequence of stages of the presented algorithm is considered in detail. Also, some stages are detailed using the example of forming an input data set for an academic discipline in order to solve the problem of distributing disciplines among teachers. The possibility of applying a three-level weighted expert assessment is presented, which is necessary to implement the stage of selecting a semantically significant part or parts of the source document, as well as during data purification and the formation of a dictionary of exceptions. Using the example of an educational organizational structure, the results of the formation of a keyword cloud of an academic discipline obtained using the proposed algorithm for intellectual support of the formation of an input data set are considered. Unlike existing solutions, the presented algorithm contains the use of artificial intelligence technologies, taking into account the heterogeneity of the input data set and allows improving the quality of the input data set in order to increase accuracy in the subsequent establishment of multi-level relationships between the performer and the tasks within the framework of an approach that implements intelligent decision support.

Keywords: algorithm, input data, data processing, intelligent support, data generation, optimization, link generation

Введение

Проблема идентификации связей между исполнителем и задачей актуальна для организаций вне зависимости от типа организационных структур, видов экономической деятельности, организационно-правовой

формы, целей деятельности и т.д. Особенно актуальна указанная проблема при рассмотрении потоковых задач, характеризующихся наличием множества возможных исполнителей со схожим квалификационным уровнем. Таким ярким примером является

распределение дисциплин между преподавателями в организациях высшего образования [1; 2]. Процесс распределения задач трудозатрачен по времени, а также усложняется при наличии множества сотрудников со схожими должностными обязанностями. При этом индивидуальные особенности сотрудника способствуют определению его predisposedности к некоторым из имеющихся задач.

Для решения данной проблемы в работе [3] предложен подход, основанный на генерации разноуровневых рекомендаций возможных связей между исполнителем и задачей, а также обозначена потребность в решении задачи обработки входных данных для последующего формирования совокупности ключевых слов, являющихся основой дальнейшей генерации вариативных связей.

Источником входных данных выступают документы, содержащие в себе совокупность ключевых слов с различными весовыми коэффициентами значимости. Однако разнотипность и разнородность входного набора данных обуславливает потребность в разработке соответствующего алгоритма интеллектуальной поддержки его формирования.

В современных исследованиях рассматриваются различные методы и алгоритмы обработки текстовых данных. Работа [4] посвящена исследованию влияния предварительной обработки текстовых данных на эффективность нейросетевой модели для концептуальной разметки токенов. Кроме того, рассматривается предобработка данных с учетом лемматизации, удаления стоп-слов и разделителей предложений. В работах [5; 6] представлены особенности кластерного анализа слабоструктурированных текстовых данных, а также интеллектуальный метод и алгоритм обработки для классификации текстовых данных. Автор работы [7] рассматривает задачи и методы оптимизации состава исполнителей программ и проектов в системе стратегического планирования в условиях цифровизации государственного управления.

Однако указанные методы не ориентированы на обработку текстовых данных для последующей генерации ключевых слов и дальнейшего формирования разноуровневых связей между исполнителями и задачами, что обуславливает актуальность рассматриваемого алгоритма.

Цель исследования – разработка алгоритма, позволяющего сформировать входной набор данных с учетом их разнородности, для последующей генерации разноуровневых вариативных связей «исполнитель – задача». В рамках проводи-

мого исследования понятие разнородности данных используется автором в контексте их различий по типу, структуре, формату, семантической значимости т.д. В качестве новизны разработанного алгоритма выступает установление синтеза между экспертами и методами интеллектуального анализа данных при формировании слабоформализованного входного признакового пространства.

Материалы и методы исследования

Источниками информации о задаче и исполнителе выступают различные как по типу (pdf, doc, почтовый формат, текстовые сообщения из используемых корпоративных систем), так и по содержанию (техническое задание, внутренний документ, резюме исполнителя и т.д.) документы. Ключевыми характеристиками для документа, на основании которого реализуется формирование входного набора данных, является формат и объем данных, принадлежность к характеризующемуся объекту, семантическая значимость, а также источник поступления, способствующий определению уровня документационной значимости. В исследовании формирование входного набора данных и последующее тестирование работы представленного алгоритма рассмотрено на примере источников информации в отношении кафедры прикладной математики Института информационных технологий РТУ МИРЭА.

Поскольку документы, характеризующие как исполнителя, так и задачу, представляют собой формализованные совокупности текстовых данных, основой формирования связи «исполнитель – задача» выступают ключевые слова. При этом в зависимости от семантической значимости ключевые слова обладают различными весовыми коэффициентами. Формирование ключевых слов целесообразно осуществлять с применением методов векторизации. При обработке текстовой информации для последующего решения задач в различных областях широко используется метод TF-IDF. Исследования [8-10], направленные на обнаружение фейковых новостей, разработку системы рекомендаций по вакансиям, а также поиск документов в медицинской карте, рассматриваются с применением данного метода.

Выявление семантически значимых ключевых слов из совокупности документационной базы требует многоэтапной аналитической обработки и включает в себя в том числе применение методов векторизации, позволяющих перевести текстовую информацию в числовое пространство признаков,

использование метрик оценки для определения точности и полноты результатов, а также для верификации и корректировки результатов предусматривается этап экспертной оценки с привлечением специалистов соответствующей предметной области. Проведение экспертного оценивания целесообразно осуществлять с применением многоуровневой взвешенной оценки. Корректировка количества экспертных групп и их весовых коэффициентов реализуется с учетом особенностей рассматриваемой задачи.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанный алгоритм формирования входного набора данных, как инструмент интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационных системах, включает в себя определенную последовательность этапов.

1 этап. Осуществление выбора основного документа D в качестве входного признакового пространства.

2 этап. Реализация разделения документа на составные части: $D = \{d_1 \dots d_n\}$. Данный этап направлен на осуществление дальнейшего выбора наилучшего элемента для обработки и анализа для получения содержательного результата. На рисунке 1 приведен пример разделения рабочей программы дисциплины на несколько содержательных блоков, характеризующихся различной степенью концентрации информации.

На рисунке 2 представлен разработанный алгоритм интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных

для последующей генерации связей «исполнитель – задача» с описанием этапов.

3-5 этапы. Проведение экспертной оценки каждой из составных частей документа, по результатам которой определяется необходимая для дальнейшей загрузки и обработки часть или же части основного документа. В целях улучшения достоверности и точности возможна обработка нескольких частей в рамках одного исходного документа. В случае проведения некорректной оценки осуществляется повторение цикла экспертной оценки до итогового определения оптимальной части/частей документа. Некорректной считается оценка, при которой сумма количества частей документа с равной максимальной экспертной оценкой составляет не более 50% от общего числа рассматриваемых частей документа.

На примере рабочей программы дисциплины, разделенной на четыре части, рассмотрим проведение их оценки с привлечением экспертов из трех групп, имеющих различный вес с учетом их компетенций. Оценка проводится по пятибалльной шкале, где 5 – высокая семантическая значимость, 1 – семантическая значимость отсутствует (табл. 1 и 2).

Учитывая представленные корректирующие коэффициенты значимости экспертной группы, экспертная оценка каждой из частей документа будет иметь следующий вид:

$$K = 0,5 \cdot \bar{x}_1 + 0,3 \cdot \bar{x}_2 + 0,2 \cdot \bar{x}_3,$$

где $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ и $\bar{x}_3$ – средняя оценка каждой из трех представленных групп соответственно.

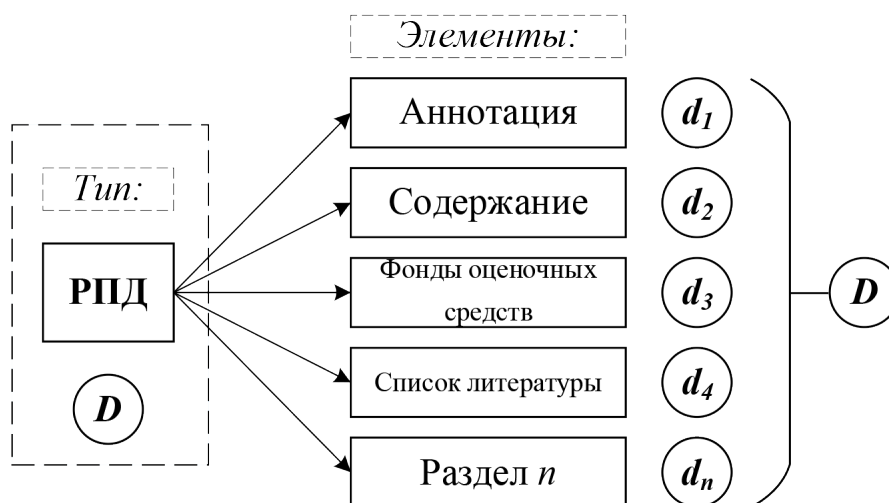


Рис. 1. Схема разделения документа рабочей программы дисциплины на составные части
Источник: составлено автором

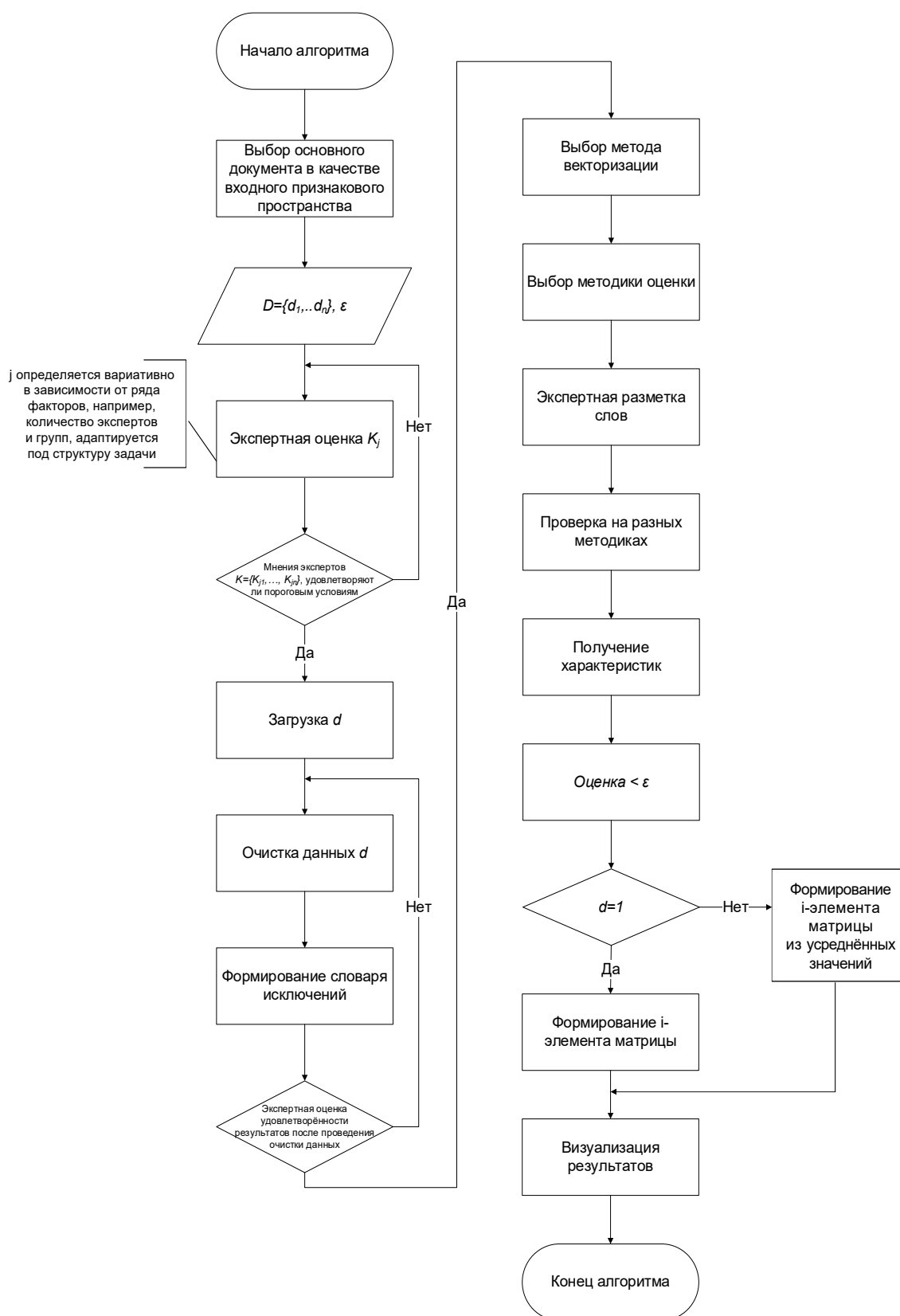


Рис. 2. Блок-схема алгоритма интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных
 Источник: составлено автором

Таблица 1

Пример результатов экспертной оценки по пятибалльной шкале

Группа	Коэффициент	Эксперт	Экспертная оценка от 1 до 5			
			Часть 1	Часть 2	Часть 3	Часть 4
Старшая	0,5	Эксперт 1	1	2	5	4
		Эксперт 2	2	3	4	4
		Эксперт 3	2	1	5	4
Средняя	0,3	Эксперт 1	4	2	3	5
		Эксперт 2	2	5	4	3
Младшая	0,2	Эксперт 1	4	5	3	3
		Эксперт 2	5	3	2	4
		Эксперт 3	1	5	3	4
		Эксперт 4	2	3	4	5

Примечание: составлено автором по данным проведенного исследования.

Таблица 2

Пример групповых результатов экспертной оценки

Фрагмент документа	Средняя оценка группы			Оценка с учетом коэффициента		
	Старшая	Средняя	Младшая	Старшая	Средняя	Младшая
Часть 1	1,7	3	3	0,85	0,9	0,6
Часть 2	2	3,5	4	1	1,05	0,8
Часть 3	4,7	3,5	3	2,35	1,05	0,6
Часть 4	4	4	4	2	1,2	0,8

Примечание: составлено автором по данным проведенного исследования

Таким образом, наивысшую экспертную оценку семантической значимости имеют сразу две части – третья и четвертая (4 балла). Итоговая экспертная оценка первой и второй частей составляет 2,35 балла и 2,85 балла соответственно. Проведенная оценка считается корректной, так как сумма количества частей документа с равной максимальной экспертной оценкой составляет не более 50% от общего числа рассматриваемых частей документа.

6-8 этапы. Выполнение очистки данных, сопровождаемой экспертной оценкой, для формирования словаря исключений. На примере рабочей программы дисциплины рассмотрим выполнение данных этапов. Предварительная очистка текста включает в себя три шага: очистить строки от кодов компетенций; удалить слова, обозначающие вид занятий; удалить отдельно стоящие цифры, обозначающие номер семестра и объем часов.

В ходе эксперимента выявлена необходимость дополнительной очистки содержания дисциплины для улучшения получае-

мого результата. При проведении первых нескольких попыток выделения ключевых слов обнаружены слова, не отражающие содержательную часть дисциплины (рис. 3). По результатам экспертной оценки формируется список исключенных слов, который может быть дополнен при анализе содержания других дисциплин. Отрицательный результат при формировании ключевых слов без использования разработанного алгоритма интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных подтверждает его практическую значимость.

9 этап. Выбор метода векторизации. Преимуществом TF-IDF является быстрота и простота применения, однако данный метод не учитывает семантических, то есть смысловых отношений слов [11; 12]. Word2Vec предсказывает вероятность слова по его контексту и наоборот, данная модель ограничена локальным контекстным окном, но эффективна для семантических задач [13; 14]. Выбор метода осуществляется, исходя из специфики задачи и входного набора данных.

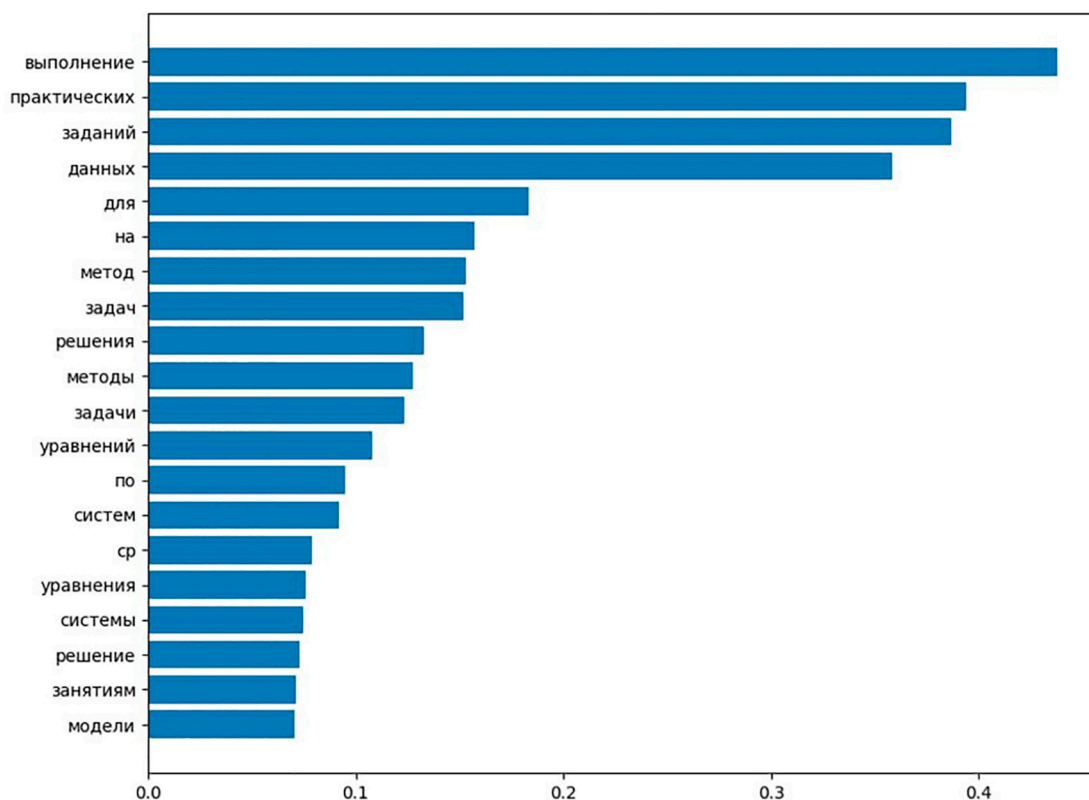


Рис. 3. Результаты выявления ключевых слов после предварительной очистки текста содержания дисциплин
Источник: составлено автором

10 этап. Осуществление выбора методики оценки. Для проверки точности полученных результатов работы алгоритма целесообразно провести оценку, используя различные метрики: Ассигасу, которая отражает долю верно классифицированных объектов относительно общего количества; Precision, характеризующая долю истинно положительных случаев среди всех объектов, классифицированных как положительные; Recall, демонстрирующая способность модели идентифицировать все релевантные положительные примеры; и F β -мера, которая представляет собой гармоническое среднее между Precision и Recall с возможностью регулировки весов [15].

11-14 этапы. Выполнение экспертной разметки слов с предварительным сокращением количества результатов для уменьшения времени экспертного анализа и улучшения эффективности за счет концентрации на наиболее релевантных терминах. Затем выполнение проверки, последующее получение характеристик и переход к этапу оценки с учетом допустимого диапазона значений.

15 этап. Проверка количества обработанных частей документа. С учетом широкой вариативности задач и особенностей исполнителей источником формирования входного набора могут выступать несколько семантически важных частей одного исходного документа, в связи с чем в алгоритме предусмотрено формирование двух видов элементов матрицы.

16 этап. Визуализация результатов является заключительным этапом работы алгоритма. На рисунке 4 представлено облако слов, сформированное с применением метода векторизации TF-IDF для дисциплины «Большие данные».

Такое сочетание методов интеллектуальной поддержки и экспертного анализа способствует обеспечению высокой достоверности получаемых результатов. Результаты, полученные с применением алгоритма интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных, в дальнейшем будут использованы для генерации разнородных связей в системе рекомендаций «исполнитель – задача», включающей оценку их достоверности, проведение которой выходит за рамки текущего исследования.



Рис. 4. Визуализация результатов работы алгоритма для дисциплины «Большие данные»
Источник: составлено автором

Такая система рекомендаций реализует двустороннюю функциональность: с одной стороны, она обеспечивает генерацию набора возможных исполнителей для конкретной задачи, с другой – формирует перечень релевантных задач для конкретного исполнителя.

Ключевыми этапами формирования входного набора данных для последующего установления взаимосвязей «исполнитель – задача» являются: формирование многоуровневой экспертной группы; верификация входного набора данных; предобработка данных с учетом экспертной оценки; интеллектуализация формирования ключевых слов.

Основным условием применения представленного алгоритма является наличие семантически значимого документа, выступающего в качестве входного признакового пространства. В качестве незначительного ограничивающего фактора может выступать формат исходного документа, в частности его представление в виде изображения. В подобных случаях необходимо дополнение этапов работы алгоритма в части извлечения текстовых данных из графического представления для реализации дальнейшей обработки.

Заключение

Представленный в исследовании алгоритм выступает составной частью подхода, реализующего интеллектуальную поддержку принятия решения при формировании связи «исполнитель – задача» в целях повы-

шения эффективности функционирования организационных систем, направленного на генерацию разноуровневых рекомендаций возможных связей. Стоит отметить, что проблема идентификации связей между исполнителем и задачей является актуальной для организаций вне зависимости от типа организационных структур. Основой для реализации указанного подхода выступают ключевые слова с различными весовыми коэффициентами значимости, источником формирования которых являются разнотипные документы. При этом разнообразие входного признакового пространства обуславливает потребность в разработке алгоритма интеллектуальной поддержки формирования входного набора данных. В отличие от существующих решений разработанный алгоритм отличается установлением синтеза между экспертами и методами интеллектуального анализа данных при формировании слабо формализованного входного признакового пространства. Применение алгоритма позволяет улучшить качество входного набора данных в целях увеличения точности при последующем установлении разноуровневых связей между исполнителем и задачами в рамках подхода, реализующего интеллектуальную поддержку принятия решения.

Список литературы

1. Смоленцева Т.Е. Технология непрерывной оценки остаточных знаний на примере потоковых дисциплин высших учебных заведений // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 1. С. 158-165. URL: <https://top-technologies>.

ru/ru/article/view?id=40292 (дата обращения: 26.06.2025). DOI: 10.17513/snt.40292.

2. Смоленцева Т.Е. Алгоритм модели классификации потоковых дисциплин для разработки рекомендаций по оценке остаточных знаний // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 2. С. 46. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=33972> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.17513/spno.33972.

3. Пучкова М.А., Смоленцева Т.Е., Калач Е.В. Концепция формирования инструментария генерации связей «преподаватель–дисциплина» в структуре организаций высшего образования // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2024. № 3. С. 93-99. URL: https://vi.fsin.gov.ru/upload/territory/Vi/nauchnaja_deyatelnost/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA/v_fsin_2024_3.pdf (дата обращения: 03.07.2025).

4. Babina O.I., Zinoveva A.Yu., Nerucheva E.D. Dataset preprocessing effects on Bi-LSTM-based concept tagging of text tokens // Terra Linguistica. 2024. Vol. 15, Is. 3. P. 109-123. URL: <https://human.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2024/3/109-123.pdf> (дата обращения: 30.06.2025). DOI: 10.18721/HSS.15310.

5. Бова В.В., Кравченко Ю.А., Родзин С.И. Методы и алгоритмы кластеризации текстовых данных (обзор) // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022. № 4(228). С. 122-143. URL: https://izn.dev.rdcenr.ru/index.php/izv_tn/article/view/682 (дата обращения: 03.07.2025). DOI: 10.18522/2311-3103-2022-4-122-143.

6. Ефанов С.В., Иванова Е.Н., Чернецкая И.Е. Метод и алгоритм интеллектуальной обработки текстовой информации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024. Т. 14. № 3. С. 22-35. URL: <https://uprimatus.elpub.ru/jour/article/view/202> (дата обращения: 04.07.2025). DOI: 10.21869/2223-1536-2024-14-3-22-35.

7. Писарева О.М. Задачи и методы оптимизации состава исполнителей программ и проектов в системе стратегического планирования // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. Т. 13. № 3. С. 385-401. URL: <https://www.mir-nayka.com/jour/article/view/1314> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.18184/2079-4665.2022.13.3.385-401.

8. Hersianty Meida V., Amalia Larasati E., Puspitasari D., Wibowo Wahyu D. Penerapan algoritma TF-IDF dan Cosine Similarity dalam sistem rekomendasi lowongan pekerjaan // JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika). 2024. Vol. 9. Is. 1. P. 1619-1625. URL: https://www.researchgate.net/publication/388349464_

PENERAPAN ALGORITMA TF-IDF DAN COSINE SIMILARITY DALAM SISTEM REKOMENDASI LOWONGAN PEKERJAAN (дата обращения: 01.07.2025). DOI: 10.36040/jati.v9i1.12406.

9. Vijay R., Singhal D. Predictive Modeling for Fake News Detection Using TF-IDF & Count Vectorizers // International Journal of Electronic Security and Digital Forensics. 2024. Vol. 16. Is. 4. P. 503-519. URL: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=139672> (дата обращения: 01.07.2025). DOI: 10.1504/IJESDF.2024.139672.

10. Heryawan L., Novitaningrum D., Nastiti K.R., Mahmudah S.N. Medical Record Document Search with TF-IDF and Vector Space Model (VSM) // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2024. Vol. 14. Is. 3. P. 847-852. URL: <https://ijaseit.insightsociety.org/index.php/ijaseit/article/view/19606> (дата обращения: 01.07.2025). DOI: 10.18517/ijaseit.14.3.19606.

11. Tawil A.A., Almazaydeh L., Qawasmeh D. [et al.] Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Email Phishing Detection Using TF-IDF, Word2Vec, and BERT // Computers, Materials and Continua. 2024. Vol. 81. Is. 2. P. 3395-3412. URL: <https://www.techscience.com/cmc/v81n2/58675> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.32604/cmc.2024.057279.

12. Lan F. Research on Text Similarity Measurement Hybrid Algorithm with Term Semantic Information and TF-IDF Method // Advances in Multimedia. 2022. P. 7923262. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/7923262> (дата обращения: 01.07.2025). DOI: 10.1155/2022/7923262.

13. Sharma A., Kumar S. Ontology-based semantic retrieval of documents using Word2vec model // Data & Knowledge Engineering. 2023. Vol. 144. P. 102110. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X2200101X?via%3Dihub> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.1016/j.datak.2022.102110.

14. Ярушкина Н.Г., Мошкин В.С., Константинов А.А. Применение языковых моделей word2vec и bert в задаче сентимент-анализа текстовых сообщений социальных сетей // Автоматизация процессов управления. 2020. № 3(61). С. 60-69. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44130587> (дата обращения: 02.07.2025). DOI: 10.35752/1991-2927-2020-3-61-60-69.

15. Rainio O., Teuho Ja., Klén R. Evaluation metrics and statistical tests for machine learning // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Is. 1. P. 6086. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-56706-x> (дата обращения: 03.07.2025). DOI: 10.1038/s41598-024-56706-x.

УДК 519.61:519.677
DOI 10.17513/snt.40462

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРАНИЦ ОБЛАСТИ, СТРУКТУРЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ КОРНЕЙ ПОЛИНОМОВ, АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОРТИРОВКИ

Ромм Я.Е., Веселая А.А.

*Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал)
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет»,
Таганрог, e-mail: romm@list.ru*

Цель работы – изложить и обосновать метод компьютерной идентификации области действительных корней полинома, структуры их расположения и идентификации самих корней на основе устойчивой адресной сортировки. Метод распространяется на аналитические функции и трансцендентные уравнения. Идентифицируются минимумы модуля дискретизированной функции. Используется принцип минимума модуля Шварца – вне области корней такие минимумы не существуют. Напротив, в области корней минимумы модуля легко идентифицируются при дискретизации. Метод реализует программа стандартного вида, которая не применяет математических преобразований полиномов и функций. Вычисляются только входные значения модуля полинома (функции) на каждом шаге дискретизации, по ходу программы выполняются лишь операции сравнения значений, что позволяет избежать накопления погрешности. Изменяется тело подпрограммы, задающей входную функцию, могут меняться, кроме того, числовые параметры – начальные, в частности произвольно расширенные, границы области корней и радиус локализации одновременно каждого из корней. На момент выполнения программы все параметры фиксируются. Достоверность работы реализующей метод программы иллюстрируется на множестве функций и границ области их действительных корней. Как правило, все корни идентифицируются без пропуска, с точностью до представления числовых данных в формате extended языка программирования Delphi. Нарушения точности связаны с выходом из границ числового диапазона.

Ключевые слова: оценки границ области корней полиномов, инвариантное компьютерное вычисление корней полиномов, аналитических функций и трансцендентных уравнений, алгоритмы сортировки

ON THE IDENTIFICATION OF THE BOUNDARIES OF THE DOMAIN, THE ARRANGEMENT STRUCTURE OF THE REAL POLYNOMIAL ROOTS, ANALYTICAL FUNCTIONS AND TRANSCENDENTAL EQUATIONS BASED ON SORTING

Romm Ya.E., Veselaya A.A.

*Taganrog Institute named after A.P. Chekhov, a branch of Rostov State University of Economics,
Taganrog, e-mail: romm@list.ru*

The purpose of the work is to present and justify a method for computer identification of the domain of the real roots of a polynomial, the structure of their arrangement, and the identification of the roots themselves based on stable address sorting. The method applies to analytical functions and transcendental equations. The minima of the modulus of the discretized function are identified. The Schwarz's minimum modulus is applied. Such minima do not exist outside the domain of the roots. Conversely, within the domain of the roots, the minima of the modulus can be easily identified during discretization. The method is implemented through a standard program that does not apply mathematical transformations to the polynomials and functions. Only the input values of the polynomial modulus (or function) are computed at each step of discretization, and only comparison operations are carried out during the program, which helps to avoid the accumulation of errors. The body of the subprogram defining the input function is changing. Besides, the numerical parameters may change: the initial ones, in particular, arbitrarily expanded ones, the boundaries of the root domain and the localization radius for each of the roots at the same time. At the time of program execution, all parameters are fixed. The reliability of the program implementing the method is illustrated through the set of functions and the boundaries of their real root domains. Generally, all roots are identified without omission, with precision up to the representation of numerical data in the extended format of the Delphi programming language. Accuracy violations are associated with going beyond the boundaries of the numerical range.

Keywords: boundary estimates of polynomial root domains, invariant computer computation of polynomial roots, analytic functions and transcendental equations, sorting algorithms

Введение

Проблема нахождения области корней полинома актуальна для численного анализа и вычислительной алгебры, решение этой проблемы требуется во многих методах те-

оретических и прикладных исследований [1, с. 16; 2, с. 295]. Поиск опирается на фундаментальные положения алгебры: «Полином с комплексными коэффициентами, отличный от постоянной, имеет по меньшей

мере один комплексный корень» [3, с. 218], и «Полином n -й степени имеет ровно n корней, действительных или комплексных, при условии, что каждый корень считается столько раз, какова его кратность» [4, с. 158]. Непосредственно ниже полином рассматривается в виде

$$P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n, \quad (1)$$

где коэффициенты – действительные числа, причем $a_0 \neq 0$. Приведенные утверждения являются теоремами существования, что не влечет конструктивных методов вычисления корней. Большинство методов вычисления являются приближенными. Прежде чем вычислять корень, необходимо знать, где он расположен. Отсюда методы делятся на вычислительные приближения корней и на оценки области расположения корней, которые излагаются в академических и учебных изданиях. Так, методы вычисления корней алгебраических и трансцендентных функций описаны в [4, с. 112], там же даны методы определения области корней [4, с. 158]. Для определения границ области корней, в частности, приняты следующие оценки: «Пусть

$$A = \max \{ |a_1|, |a_2|, \dots, |a_n| \},$$

где a_k – коэффициенты полинома (1). Тогда модули всех корней x_k полинома (1) удовлетворяют неравенству

$$|x_k| < 1 + \frac{A}{|a_0|}, \quad k=1, 2, \dots, n,$$

то есть корни этого полинома на комплексной плоскости лежат внутри круга

$$|x| < 1 + \frac{A}{|a_0|} = R \gg [4, \text{с. 159}].$$

Следствие: «Пусть

$$B = \max \{ |a_0|, |a_1|, \dots, |a_{n-1}| \}.$$

Тогда все корни x_k полинома (1) удовлетворяют неравенству

$$|x_k| > \frac{1}{1 + \frac{B}{|a_n|}}, \quad k=1, 2, \dots, n,$$

то есть все корни этого полинома расположены в круговом кольце $r < |x| < R$ » [4, с. 159]. Оценка Маклорена: «Пусть аргумент и коэффициенты полинома (1) являются действительными, причем $a_0 > 0$. Если $P_n(x)$ не имеет отрицательных коэффициентов, то отсутствуют положительные корни,

так что верхней оценкой для вещественных корней оказывается число 0. Пусть отрицательные коэффициенты имеются, m – номер первого по порядку отрицательного коэффициента и A – максимум модуля отрицательных коэффициентов. Тогда действительные корни $P_n(x)$ не превосходят

$$1 + m \sqrt[m]{\frac{A}{a_0}} \gg [3, \text{с. 223}].$$

К числу основополагающих оценок области действительных корней полинома относятся теоремы Штурма и Бюдана – Фурье.

Последовательность $f_0, f_1, \dots, f_k$ Штурма полиномов, построенных для данного полинома $P_n(x) = f_0$, удовлетворяет следующим требованиям при значениях x из данного интервала (a, b) : 1) последний полином f_k не обращается в нуль; 2) два соседних полинома не обращаются в нуль одновременно; 3) если некоторый полином f_i , $1 \leq i \leq k-1$, обращается в нуль в некоторой точке x_0 , то соседние полиномы f_{i-1} и f_{i+1} имеют в x_0 значения противоположных знаков; 4) произведение $f_0 f_1$ меняет знак с минуса на плюс, когда x , возрастая, проходит через корень полинома f_0 [3, с. 225].

Теорема Штурма [3, с. 225]. Число корней полинома $P_n(x)$ в промежутке $[a, b]$ равно числу перемен знаков в значениях ряда Штурма при $x = a$ минус число перемен знаков при $x = b$. Предполагается, что концы промежутка не являются корнями $P_n(x)$.

Теорема Бюдана – Фурье [4, с. 172]. Если числа a и b ($a < b$) не являются корнями полинома $P_n(x)$ из (1), то число $N(a, b)$ действительных корней этого полинома, содержащихся между a и b , равно минимальному числу ΔN перемен знаков, потерянных в системе последовательных производных

$$P_n(x), P'_n(x), \dots, P_n^{(n-1)}(x), P_n^{(n)}(x) \quad (2)$$

при переходе от $x = a$ к $x = b$, или меньше числа ΔN на четное число, то есть

$$N(a, b) = \Delta N - 2k,$$

где $\underline{N}(a) - \overline{N}(b)$ и $\underline{N}(a)$ – нижнее число перемен знаков в системе (2) при $x = a$, $\overline{N}(b)$ – верхнее число перемен знаков в этой системе ($k = 0, 1, \dots, E\left(\frac{\Delta N}{2}\right)$).

Предполагается, что каждый корень полинома (1) считается столько раз, какова его кратность. Если производные $P_n^{(k)}(x)$ ($k = 1, 2, \dots, n$) не обращаются в нуль при $x = a$ и $x = b$, то подсчет знаков упрощается, а именно $\Delta N = N(a) - N(b)$.

Приведенные утверждения априори не предназначались для компьютерной реализации. В них не определяется местоположение промежутка $[a, b]$ для подсчета всех корней без пропуска. В вычислительной практике могут возникать неточности в случае плохой отделенности корней, особенно в сочетании с большим разбросом их расположения. Неизбежно накопление погрешности при возмущениях коэффициентов. Очевидны сложности при высокой степени полинома. Эти методы необходимо требуют явного задания коэффициентов полинома, тогда как полином может задаваться неявно или своими значениями. В общем случае приведенные методы не совмещаются с одновременным вычислением всех корней. Вследствие необходимости явных коэффициентов полиномов рассматриваемые утверждения непосредственно не переносятся на случаи аналитических функций и трансцендентных уравнений. Оценки области корней полинома – традиционная тема исследований [5; 6]. Исследования в данном направлении активно продолжаются в настоящее время [7; 8]. Большей частью публикуемые оценки имеют аналитический характер и выполняются в аспекте прикладной математики [8; 9]. Наряду с этим исследования области корней полинома проводятся в различных аспектах фундаментальной математики [7; 10, с. 22]. На предмет компьютерной реализации сохраняются отмеченные сложности.

На основании изложенного возникает задача разработать компьютерный метод определения области корней полинома, структуры их расположения, совмещающий локализацию с одновременным вычислением всех корней полинома, который позволял бы находить корни, исключая отмеченные сложности. Требуется, чтобы искомый метод можно было применять также к аналитическим функциям и трансцендентным уравнениям. Предлагаемое решение опирается на алгоритмы устойчивых адресных сортировок.

Цель исследования – в работе требуется дать описание и выполнить обоснование метода программной идентификации области действительных корней полинома, ее структуры и самих корней с помощью сортировки, показать применимость метода для идентификации всех действительных корней аналитических функций и трансцендентных уравнений.

Материалы и методы исследования

Исследование опирается на синтез и анализ алгоритмов сортировки, на методы вычисления корней полиномов в линейной алгебре, на методы поиска корней аналити-

ческих функций в математическом анализе, на численное моделирование и программные эксперименты.

Результаты исследования и их обсуждение

Предложен компьютерный метод определения области действительных корней полиномов, который указывает не только границы области корней, но определяет структуру расположения корней и совмещается с вычислением самих корней. Метод реализуется программой стандартного вида, которая не использует математических преобразований полиномов, использует только входные значения модулей полиномов на каждом шаге дискретизации, в дальнейшем – их сравнения, что позволяет достигать высокой точности определения корней. Метод без изменения переносится на идентификацию области и действительных корней любой аналитической функции. Кроме того, метод применим к поиску действительных корней неаналитических функций и трансцендентных уравнений. В реализующей метод программе меняется только подпрограмма, задающая входную функцию, и, кроме того, меняются числовые параметры – начальные произвольно расширенные границы области корней и варьируемый радиус локализации одновременно каждого из корней. К недостаткам метода относится то, что корни полинома (функции) идентифицируются без учета кратности. В случае полинома кратность корня можно определить его непосредственной подстановкой в производные полинома последовательных порядков. Численный эксперимент показывает достоверность работы реализующей метод программы на множестве функций и параметрически заданных границ области их действительных корней. Нарушения точности связаны с выходом из границ числового диапазона.

Программная идентификация области действительных корней полинома и структуры их расположения. Излагаемый метод представляет собой дискретизированный спуск к области всех действительных корней, к локальной окрестности каждого корня и его идентификации без вычислительных преобразований, исключительно с помощью сравнений значений модуля полинома (функции) на каждом последовательном шаге. Метод опирается на принцип минимума модуля [11, с. 198].

Теорема Шварца [11, с. 198]. Если функция f голоморфна в области D и не обращается в нуль в этой области, то $|f|$ может достигать локального минимума внутри D лишь в случае $f = \text{const}$.

Отсюда следует, что локальные минимумы модуля аналитической функции, отличной от константы, могут достигаться только в тех точках, где она обращается в ноль.

Предлагаемый метод находит границы области корней как минимумы модуля полинома (аналитической функции) на основе того факта, что вне области корней такие минимумы исключены. Собственно локальный минимум (точнее, наименьшее значение в дискретизированной локальной окрестности) любой числовой последовательности при помощи устойчивой адресной сортировки всегда находится, причем с единственностью, следующим образом. Для краткости описания выбрана устойчивая адресная сортировка подсчетом по матрице сравнений. Сортиров-

ка выполняется по не убыванию, ее описание заимствуется из [12, с. 81]. Пусть $a = (7, 5, 5, -2, 12)$. Матрица сравнений примет вид

	7	5	5	-2	12
7	0	-	-	-	+
5	+	0	0	-	+
5	+	0	0	-	+
-2	+	+	+	0	+
12	-	-	-	-	0

Номер j -го элемента входного массива a в отсортированном массиве c подсчитывается как число нулей и плюсов в j -м столбце матрицы над диагональю, включая диагональный элемент, сложенное с числом плюсов под диагональю (нумерация от $j = 1$).

$$\text{Так, } a[1] = 7 \rightarrow c[4], a[2] = 5 \rightarrow c[2], a[3] = 5 \rightarrow c[3], \\ a[4] = -2 \rightarrow c[1], a[5] = 12 \rightarrow c[5].$$

Сортировка сохраняет порядок равных элементов (за счет добавления нуля над диагональю на пересечении столбца текущего элемента и строки предшествующего ему равного элемента). Все адреса вставки имеют единственное значение. В программе (Delphi) реализуется взаимно однозначная прямая и обратная адресация:

```
for j:= 1 to n do
begin
k:= 0; for i:= 1 to j do if a[j]>= a[i] then k:= k+1; for i:= j+1 to n do if a[j]>a[i] then k:= k+1;
c[k]:= a[j]; e[k]:= j;
end;
```

Каждому входному элементу с индексом j единственным образом ставится в соответствие значение его индекса k в отсортированном массиве: $c[k] := a[j]$; Обратно, каждому элементу в отсортированном массиве с индексом k единственным образом ставится в соответствие значение его индекса j во входном массиве: $e[k] := j$;

Отсюда элементарно указывается значение индекса локально минимального элемента входного массива. Условие локализации искомого минимума имеет вид

```
{выполнение процедуры сортировки sort}
k:= 1; while k <= n do begin for L:= 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-L]) <= eps0 then goto 11; ik:= e[k];
11: k:= k+1 end;
```

Здесь ik – индекс локально минимального элемента в окрестности радиуса $eps0$. Оператор $ik:= e[k]$; выполняется, если входной индекс $e[k-L]$ любого элемента меньшего $c[k]$ ($a[e[k]]$) располагается от $e[k]$ дальше, чем на $eps0$. Иными словами, индекс элемента меньшего локализуемого не должен попасть в окрестность индекса локально минимального элемента. На вход сортировки с шагом дискретизации h , как элементы массива, поступают значения модуля полинома. В результате выполнения данного условия в окрестности радиуса $eps0$ окажется один и только один корень в некотором приближении. К нему выполняется спуск посредством итеративного сужения диаметра окрестности локализованного

приближения – до сближения концов диаметра меньше априори заданной границы абсолютной погрешности. Метод в целом детально описан в [12]. Там же, в примере 3, приводится программная реализация поиска корней на основе изложенной сортировки [12, с. 85] и результаты численного эксперимента. Данную сортировку можно заменить на более быструю сортировку слиянием по матрицам сравнений, имеющую временную сложность $O(N \log_2 N)$. Такая сортировка также сохраняет устойчивость (порядок равных элементов) и взаимно однозначное соответствие входных и выходных индексов. На выходе эта сортировка, как и описанная выше, в порядке возрастания формирует отсортированный массив

с и массив входных индексов e , элементы которого располагаются в порядке отсортированных элементов (аналогично сортировке подсчетом: $c[k] := a[j]$; $e[k] := j$). Однако входной и выходной массивы совмещаются в один переменный массив c , что не препятствует применению описанного выше условия локализации минимального элемента через индексы массива e . Ее полное описание приводится, в частности, в [13, с. 86].

Программа реализации поиска корней на основе сортировки слиянием заимствуется из [12, с. 91] с существенными изменениями входных параметров. Полностью программу непосредственно ниже представля-

ет пример 1. Данная программа является базовой для излагаемого компьютерного метода идентификации корней полиномов и функций. Все 11 приводимых ниже примеров численного эксперимента выполнены на основе именно этой программы с соответствующими изменениями параметров. Изменения конкретно приводятся в каждом примере численного эксперимента.

Пример 1. Идентификацию всех действительных корней полинома 60-й степени реализует следующая программа на основе устойчивой адресной сортировки слиянием (в разделе констант программы сортировка задается процедурой sort):

```
program KORDEMINPOLsortnewprost;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;

label 21, 22; const n1 = 60;
b: array [1..n1] of extended = (-51.0007, -51.0006, -1.01, -2.02, -3.03, -4.0007, -4.0008, -5.05, -6.0001,
-6.0002, -7.07, -8.08, -9.09, -10.01, -11.011, -12.012, -13.013, -14.014, -15.015, -16.016, -17.017, -18.018,
-19.0003, -19.0002, -20.02, -21.021, -22.022, -23, -23.023, -23.0231, 1, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001,
6.0002, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.0003, 19.0002, 20, 21, 22, 23,
23.023, 23.0231, 61.0005, 61.0006);
eps = 1E-44; eps0 = 0.000049; h = eps0/33; n00 = 1512; mm = 4; x00 = -65; x11 = 65;
type vect1 = array [0..4*n00] of extended; vect2 = array [0..4*n00] of longint;
vec = array [0..n1] of extended;
var i,j,k,l,ee,nn0: longint; a,c: vect1; e: vect2; b1:vec;
aaa,x,x0,x1,xk,xk0,xk1,h0,min,eps1,hh,z,z1: extended;
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin p := 1; for i1 := 1 to n1 do p := p*(x-b1[i1]); func := abs(p); end;
procedure min1 (var x: extended;var ee:longint);
begin min := func(x); ee := 0; for i := 1 to mm do begin
x := xk0+i*h0; if min > func(x) then begin min := func(x); ee := i; end;end;end;
procedure sort (var nn0:longint; var c: vect1; var e: vect2);
type vecc = array[0..4*n00] of longint;
var ab:integer; i,j,k,l,m,r,nm,p,n: longint; e1, e2: vecc;
begin
p := trunc(ln(nn0)/ln(2)); if p<> ln(nn0)/ln(2) then p := p+1;
n := round(exp(p*ln(2)));
for l := 1 to n do if l<= nn0 then e[l] := 1 else ab := 1;
for r := 1 to p do begin m := round(exp(r*ln(2))); nm := n div m;
for k := 0 to nm-1 do begin
for l := 1 to m div 2 do begin
if (k * m + l > nn0) or (e[k * m + l]>nn0) then ab := 1
else e1[l] := e[k * m + l];
if (k * m + m div 2 + l > nn0) or (e[k * m + m div 2 + l]>nn0) then ab := 1
else e2[l] := e[k * m + m div 2 + l] end;
i := 1; j := 0; while i + j <= m do begin
if i = m div 2 + 1 then ab := -1;
if j = m div 2 then ab := 1;
if (k * m + i > nn0) or (e[k * m + i]>nn0)
or (k * m + m div 2 + j > nn0-1) or (e[k * m + m div 2 + j]>nn0)
then ab := 1;
if (i <= m div 2) and (j <= m div 2 - 1) and (k * m + i <= nn0)
and (k * m + m div 2 + j <= nn0-1)
then if (e2[j + 1] > nn0) or (e1[i] > nn0) then ab := 1 else
begin if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] = 0 then ab := 0; if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] > 0 then ab := 1;
if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] < 0 then ab := -1 end; if ab > 0 then
begin e[k * m + i + j] := e1[i]; i := i + 1 end else begin e[k * m + i + j] := e2[j + 1]; j := j + 1 end
end end end end;
end end end end;
```

```

begin
aaa:= 1e62; nn0:= n00; hh:= nn0*h;
x0:= x00; for i:= 1 to n1 do b1[i]:= b[i]; while x0 <= x11 do
begin for i:= 1 to nn0 do begin x:= x0+i*h; c[i]:= func(x); end;
sort(nn0, c, e); k:= 1; while k<= nn0 do
begin for l:= 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-1]) <= eps0/h then goto 22;
xk:= x0+e[k]*h; eps1:= eps0; xk0:= xk-eps1; xk1:= xk+eps1; h0:= abs(2*eps1)/mm;
while abs(eps1) > eps do begin x:= xk0; min1(x,ee); eps1:= eps1/1.2;
xk0:= xk0+ee*h0-eps1; xk1:= xk0+ee*h0+eps1; h0:= abs(2*eps1)/mm; end;
if func(xk)= 0 then begin x:= xk; goto 21; end;
x:= xk0+ee*h0+eps1;
for i:= 1 to 2 do begin z:= x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;
for i:= 1 to 2 do begin z1:= x-i*h; if func(x) >= func(z1) then goto 22; end;
if abs(aaa-x)<= 1e-20 then goto 22;
21: writeln (' ', x, ' ', func(x)); aaa:= x;
22: k:= k+1 end; x0:= x0 + hh end;
readln;
end.

```

Модуль полинома в этой программе задает подпрограмма-функция вида

```

function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1; p: extended;
begin p:= 1; for i1:= 1 to n1 do p:= p*(x-b1[i1]); func:= abs(p); end;

```

Полином вычисляется по формуле

$$P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n a_{\ell} x^{\ell} = \prod_{i=1}^n (x - x_i), \quad (3)$$

где предполагается, что $a_n = 1$. В (3) и ниже коэффициенты полинома, в отличие от (1), нумеруются по возрастанию степеней. Для тестовой проверки корни на входе программы задаются в разделе констант как массив b: array [1..n1] of extended из 60 элементов. Такой прием будет использоваться в дальнейшем, однако он не является необходимым, и способ задания модуля полинома (функции) по ходу исследования будет меняться. Данная программа непосредственно находит все 60 действительных корней полинома 60-й степени на отрезке $[x00, x11]$ ($x00 = -65$; $x11 = 65$;) без искажения мантиссы корня с точностью до представления чисел с плавающей точкой в формате extended языка программирования:

```

-5.100070000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-5.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.302310000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.302300000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.300000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.202200000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.102100000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.002000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-1.900030000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-1.900020000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
4.000700000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
4.000800000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
5.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000100000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000200000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
.....
1.900020000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.900030000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
2.302300000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.302310000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100050000000000E+0001  0.000000000000000E+0000

```

В левой колонке – корни полинома, в правой – значения в них модуля полинома. Некоторые корни теста априори взаимно отличались на 0.0001 и располагались с разбросом.

Предложение 1. Нулевые значения полинома получаются соответственно определению корня, обращающего полином в нуль. Точность идентификации корней и значений полинома достигается за счет того, что программа не использует числовые преобразования, но только сравнивает дискретные числовые значения на всем протяжении ее выполнения, чем исключается накопление погрешности.

Исполнительную часть программы иллюстрирует блок-схема:



Рис. 1. Блок-схема раздела инструкций программы KORDEMINPOLsortnewprost
Источник: составлено авторами

Непосредственно ниже иллюстрируется блок локализации корня полинома (функции).

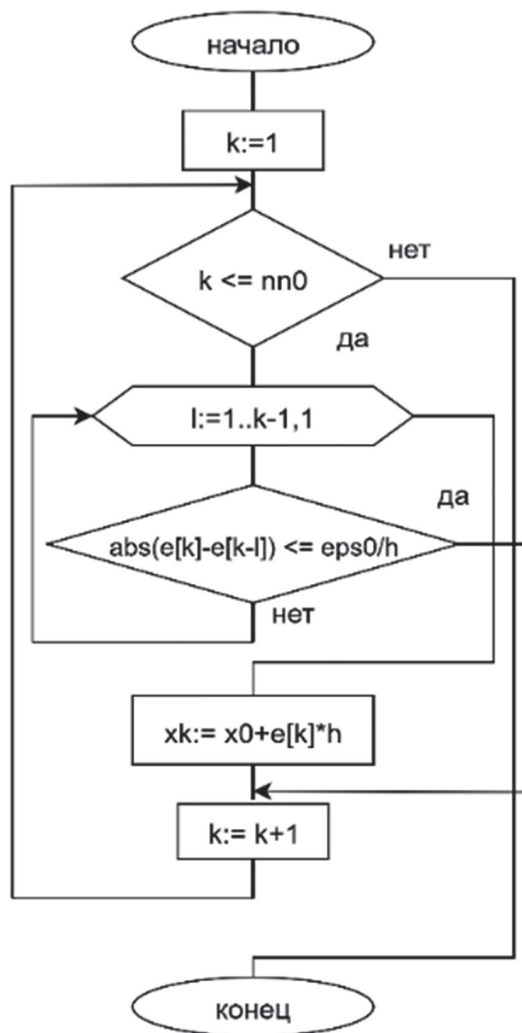


Рис. 2. Блок-схема локализации точки корня
Источник: составлено авторами

К локализованному приближению корня выполняется спуск по алгоритму выбора наименьшего значения модуля функции, дискретизированной на равномерной сетке из mn элементов в локализованной окрестности, и последующего циклического сужения границ окрестности до достижения априори заданной точности приближения к корню.

Все используемые на рис. 1–3 программные фрагменты представлены в программе примера 1 и детализируются в дальнейшем.

Данный эксперимент можно существенно усилить [13]. Для дальнейшего наиболее принципиально то, что приведенный результат совершенно не изменится, если корни данного полинома искать на произвольно расширенном промежутке. Что-

бы в этом убедиться, можно взять, не меняя других параметров, например, отрезок $x_{00} = -300$; $x_{11} = 300$. Возрастет время выполнения программы. Сам же результат не изменится потому, что вне области корней по теореме Шварца минимумов модуля полинома не существует, и программа вне области корней никаких минимумов модуля не идентифицирует.

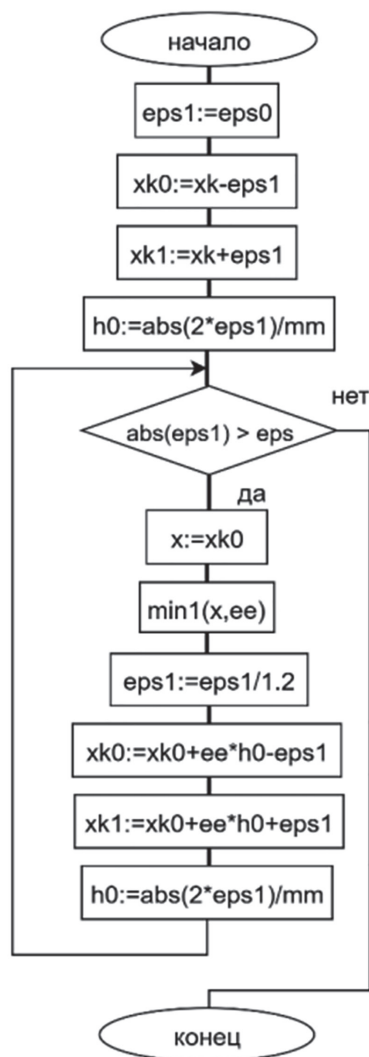


Рис. 3. Блок-схема алгоритма спуска от локализованного к точному значению корня
Источник: составлено авторами

Предложение 2. Идентифицировать минимумы модуля полинома программа начнет, только подойдя к области расположения корней, за счет того, что в области будут достигаться значения модуля полинома сравнительно близкие к нулю, соответственно меньшие, чем вне области корней. При этом, при любом задании радиуса окрестности локализации, програм-

ма, локализовав корень, выполняет к нему спуск путем сужения границ локализованной окрестности до достижения априори заданной точности приближения к корню (рис. 1–3). Только после полной его идентификации программа переходит к поиску локальной окрестности другого корня.

Локализация минимума модуля полинома в данном примере программы происходит в радиусе $\text{eps0} = 0.000049$. Эта величина по смыслу условия локализации всегда должна быть меньше половины расстояния между ближайшими друг к другу корнями (точками минимумов модуля полинома; в данном примере – меньше $\frac{1}{2} |6.0001 - 6.0002| = \frac{1}{2} 0.0001$).

При любом дальнейшем уменьшении радиуса локализации программа будет получать тот же правильный результат. При увеличении – может потерять соседние локальные минимумы. Согласно численному эксперименту шаг дискретизации надежно сохраняет устойчивость программы, если он не больше $h = \text{eps0}/33$. Любое уменьшение шага сохраняет правильный результат. Увеличение шага может привести к потерям корней и вычислительным ошибкам (за счет заведомой потери значащих цифр или самих входных данных).

При правильном задании входных параметров программа сама определит область корней и найдет все корни. Однако сложность в том, что при уменьшении радиуса локализации программа замедляется. Она замедляется также при сохранении радиуса локализации, но с ростом промежутка, ограничивающего область корней полинома. В общем случае границы области корней неизвестны, поэтому их начальные приближения требуется брать с большим запасом, чтобы они заведомо включали всю искомую область корней. Если в данном примере без изменения других параметров взять границы $x_{00} = -300000$; $x_{11} = 300000$, программа попадет в область корней и найдет их с той же точностью, но это займет значительное время. Выход подсказывает следующая особенность. При условии, что программа работает в границах, включающих область всех корней, она при любом выборе радиуса локализации, меньшего половины размера области корней, локализует (рис. 2) и идентифицирует (рис. 3) хотя бы один корень. Это произойдет потому, что вне области корней она не идентифицирует минимума модуля полинома, а внутри области по построению получит наименьшее значение в радиусе меньшем половины диаметра области корней.

Так, например, если взять границы $x_{00} = -300000$; $x_{11} = 300000$; и положить $\text{eps}_0 = 0.5$; то получится следующий результат работы программы:

```
-5.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-5.100070000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-6.000200000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-2.300000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-7.070000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-9.090000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-8.080000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
.....
2.100000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.200000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.900030000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100050000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
```

Курсивом выделены наименьший и наибольший корни. Полезная особенность программы заключается в том, что результат ее работы всегда представляет собой множество (возможно, неполное) точных значений корней (согласно предложению 2). Именно это дает возможность видеть структуру их расположения в случае, когда эти корни разбросаны по области. Структура дополнительно показывает, с каким радиусом локализации следует вы-

полнять окончательное вычисление: в данном примере есть корни взаимно отделенные на 0.0001. Остается отступить от наименьшего и наибольшего корня на некоторое расстояние и взять достаточно малый радиус локализации (с запасом малости, учитывая степень полинома и зная, что все искомые корни действительны), например, $\text{eps}_0 = 0.000049$. Таким образом, границы и параметры окончательного вычисления можно задать в виде

$\text{eps} = 1\text{E-}44$; $\text{eps}_0 = 0.000049$; $h = \text{eps}_0/33$; $n_{00} = 1512$; $mm = 4$; $x_{00} = -62$; $x_{11} = 62$;

в результате получится приведенный в начале полный и правильный результат. Здесь и в дальнейшем $\text{eps} = 1\text{E-}44$ означает априори задаваемую границу абсолютной погрешности, достижение которой проверяется при спуске к локализованному значению корня (рис. 3).

Поскольку наглядно проявляется расположение корней, можно разбить вычисление на части в соответствующих границах: $x_{00} = -62$; $x_{11} = -60$; $x_{00} = -24$; $x_{11} = 24$; $x_{00} = 60$; $x_{11} = 62$. Это позволит ускорить процесс с сохранением точности посредством пропуска пустых мест.

Замечание 1. Недостаток программы в том, что она вычисляет корни без учета их кратности. Если полином задается в виде

$$P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n a_\ell x^\ell,$$

то такой недостаток устраняется подстановкой каждого найденного корня в производную полинома

$$P'_n(x) = \sum_{\ell=0}^n \ell a_\ell x^{\ell-1}.$$

$$P_n(x) = \sum_{\ell=0}^6 d_\ell x^\ell = (x-1)(x+1)(x-2)(x+2) = (x^2-1)(x^2-4) = x^4 - 5x^2 + 4;$$

$$d_4 = 1, \quad d_3 = 0, \quad d_2 = -5, \quad d_1 = 0, \quad d_0 = 4.$$

В общем случае, если корень полинома $P_n(x)$ имеет кратность k , то он является корнем кратности $k-1$ производной $P'_n(x)$ этого полинома [3, с. 178, 179]. Поэтому кратность корня подсчитывается его подстановкой в последовательные производные до момента обнаружения производной наименьшего порядка k , которую этот корень не обращает в ноль:

$$P_n^{(k-1)}(x) = 0, \quad P_n^{(k)}(x) \neq 0.$$

Такой корень полинома $P_n(x)$ имеет кратность k .

Модуль полинома в программе можно задавать как модуль полинома с коэффициентами:

$$|P_n(x)| = \left| \sum_{\ell=0}^n a_\ell x^\ell \right|.$$

Для этого подпрограмма `func` меняется, как показано в следующем примере.

Пример 2. Пусть взят полином 4-й степени

1, 0, 5,

Коэффициенты задаются в разделе констант подпрограммы:

```
function func (var x: extended): extended;
const n1 = 4; d: array [0..n1] of extended = (4,0,-5,0,1); var i1: 0..n1;p:extended;
begin p:= d[n1]; for i1:= 1 to n1 do p:= p*x+d[n1-i1]; func:= abs(p); end;
```

Здесь значение полинома $\sum_{\ell=0}^n d_{\ell} x^{\ell}$ определяется по схеме Горнера:

$$p := d_n; \quad p := p \times x + d_{n-\ell}; \quad \ell = 1, 2, \dots, n.$$

Программа KORDEMINPOLsortnewprost, в которой не меняются остальные параметры (массив b задавать излишне), найдет корни:

```
-2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

Аналогичный тест любой сложности можно сконструировать на основе алгоритма восстановления коэффициентов полинома по его корням $x_k, k = 1, 2, \dots, n$, отличного от формул Виета [14, с. 292]:

$$d_{11} = 1, \quad d_{10} = -x_0; \quad d_{kk} = d_{(k-1)(k-1)}, \quad d_{k(k-\ell)} = d_{(k-1)(k-\ell-1)} - d_{(k-1)(k-\ell)} x_{k-1}, \\ \ell = 1, 2, \dots, k-1, \quad d_{k0} = -d_{(k-1)0} x_{k-1}, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

При $k = n$ получится $d_{n(n-\ell)} = d_{(n-\ell)}, \ell = 0, 1, \dots, n$, и $P_n(x) = d_0 + d_1 x + d_2 x^2 + \dots + d_n x^n$, где $d_n = 1$.

Коэффициенты можно задать как элементы переменного массива. В этом случае полином может поступать в программу неявно. Оценку Маклорена можно встроить в программу для автоматического задания расширенных границ области.

Замечание 2. Ограничение изложенного подхода состоит в том, что значения полинома (аналогично, аналитической или другого вида функции) на исследуемом промежутке не должны выходить за границы диапазона допустимых значений в языке программирования. Иначе наступает искажение значащих цифр элементов входного массива, что влечет недостоверную оценку области корней и ошибки их вычисления.

Предложение 3. Чтобы совместить программную идентификацию границ области действительных корней полинома с идентификацией самих корней, достаточно оформить программу KORDEMINPOLsortnewprost отдельной процедурой, входными и выходными параметрами которой являются границы области поиска $x00, x11$ и радиус локализации корней $eps0$. В разделе инструкций программы обращаться к процедуре следует дважды. Первый раз – с расширенными параметрами $x00, x11$ и увеличенным радиусом локализации $eps0$. Среди значений выходных параметров будут наименьший и наибольший из идентифицированных корней в границах

области, которые можно принять за новые приближения границ. Данные границы расширяются на константу влево и вправо, после чего принимаются за новые входные параметры той же процедуры вместе с уменьшенным до необходимого значения $eps0$. Второе обращение к процедуре с новыми параметрами влечет окончательную идентификацию всех действительных корней полинома. В случае необходимости обращение можно итеративно повторять с циклическим уменьшением параметров для уточнения области корней, их расположения и значений.

Изложенный метод является компьютерным, не опирается на аналитические оценки области корней, реализуется программой стандартного вида без математических преобразований. Вычисляются лишь входные значения модуля полинома (в дальнейшем функции) на каждом шаге дискретизации (рис. 1), по ходу программы выполняются только операции сравнения (рис. 1–3), что не влечет накопление погрешности. Используются непосредственно значения полиномов (функций), для их задания не являются необходимыми коэффициенты, значения могут вычисляться неявно. Переменными параметрами являются начальные границы области корней и радиус локализации одновременно каждого из корней. Идентификация границ области

корней может совмещаться с идентификацией самих корней. Согласно эксперименту, как правило, все корни идентифицируются без пропуска, с точностью до представления числовых данных в формате extended.

Замечание 3. Формально метод не является точным (прямым), поскольку зависит от начальных данных, параметров и априори заданной границы погрешности приближения. Кроме того, можно привести примеры, когда на практике точность идентификации нарушается, что, как правило, обусловлено выходом из границ числового диапазона языка программирования.

Программная идентификация области и значений действительных корней аналитической функции. Теорема Шварца применима к любой аналитической функции, поэтому изложенные рассуждения, с точностью до стилистических оговорок, сохраняются при замене термина «полином» термином «аналитическая функция». Вне области корней аналитическая функция в ноль не обращается, к такой функции можно применить оценку границ и расположения корней с помощью программы KORDEMINPOLsortnewprost. Замечание 3 в этом случае особо существенно. Так, экспонента от полинома может выходить

за границы диапазона уже при сравнительно небольших значениях независимой переменной и высокой степени полинома.

Чтобы применить метод, достаточно модуль аналитической функции в программе определить с помощью подпрограммы func. Определять массив корней b при этом нет необходимости, однако в тестовых примерах этим массивом можно пользоваться.

Замечание 4. Необходимо проверять корректность представления функции в языке программирования. Для сложной суперпозиции замедляется время работы программы, поскольку суперпозиция вычисляется на каждом дискретном шаге на входе, при выполнении спуска и на выходе программы.

Пример 3. Пусть рассматривается функция

$$f(x) = \ln \left(1 + P_n^2(x) \right), \quad (4)$$

где $P_n(x)$ – полином из (3). Чтобы программа KORDEMINPOLsortnewprost идентифицировала границы области корней и корни этой функции, в подпрограмме func надо задать модуль именно функции (4). В случае использования массива тестовых элементов b из программы примера 1 для задания полинома подпрограмма func примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin p:= 1; for i1:= 1 to n1 do p:= p*(x-b[i1]); func:= abs(ln(1+sqr(p))); end.
```

Если действовать по той же схеме, которая описана выше для полинома, и в границах $x00 = -300000$; $x11 = 300000$; взять сравнительно большой радиус локализации $eps0 = 0.5$; то без изменения других параметров и элементов массива b результат работы программы

```
-5.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-5.100070000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-6.000200000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-2.300000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
2.200000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.900030000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100060000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
6.100050000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
```

появится практически без задержки. Из распечатки видно, что корни находятся между -51.0007 и 61.0006 . Отсюда идентифицировать их без пропуска и без ошибок в границах $x00 = -62$; $x11 = 62$ с радиусом локализации $eps0 = 0.000049$ удастся за сравнительно короткое время. Результат идентификации полностью совпадет с тем, который приводился для этих параметров в случае полинома $P_n(x)$ в примере 1, – все корни функции (4) с одинаковой точностью

совпадут с корнями полинома 60-й степени $P_n(x)$, задававшимися тестовым массивом b : array [1..n1] of extended из 60 элементов. Их повторная распечатка здесь была бы излишней.

Полином, входящий в суперпозицию, в рассматриваемой программе можно задавать как полином с коэффициентами:

$$P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n a_{\ell} x^{\ell}.$$

Пример 4. Пусть дана функция

$$f(x) = \ln\left(1 + e^{-P_n(x)}\right) - \ln 2, \quad (5)$$

где $n = 6$ и

$$P_n(x) = P_6(x) = (x^2 - 1)(x^2 - 4)(x^2 - 9) = x^6 - 14x^4 + 49x^2 - 36. \quad (6)$$

Для применения схемы Горнера в подпрограмме func коэффициенты задаются в обратном порядке: const n1 = 6; d: array [0..n1] of extended = (-36,0,49,0,-14,0,1). Подпрограмма примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
const n1 = 6;
d: array [0..n1] of extended = (-36,0,49,0,-14,0,1);
var i1: 0..n1;p:extended;
begin
p:= d[n1]; for i1:= 1 to n1 do p:= p*x+d[n1-i1]; func:= abs(ln(1+exp(-p))-ln(2));
end.
```

При данном видоизменении и при параметрах

eps = 1E-44; eps0 = 0.000049; h = eps0/33; n00 = 1512; mm = 4; x00 = -70; x11 = 70;

для функции (5), (6) получится результат работы программы:

```
-3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
 1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
 2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
 3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

Если по предложенной схеме вначале искать границы области корней функции (5), (6), то надо взять параметры

eps = 1E-44; eps0 = 0.5; h = eps0/33; n00 = 1512; mm = 4; x00 = -300000; x11 = 300000; (7)

Однако при этих параметрах программа выдаст тот же результат, поскольку корни взаимно отделены не менее чем на единицу.

Пример 5. Пусть рассматривается функция, включающая гауссиан:

$$f(x) = e^{-5000(x-a)^2} - 1, \quad a = 0.5. \quad (8)$$

Подпрограмма func непосредственно задается в виде

```
function func (var x: extended): extended;
begin func:= abs(exp(-5000*sqr(x-0.5))-1) end.
```

С этим изменением и изменением границ параметров (7) x00 = -30; x11 = 30; программа KORDEMINPOLsortnewprost даст следующий результат поиска корня функции (8):

```
5.000000000000000E-0001  0.000000000000000E+0000.
```

К сожалению, такая точность не сохраняется в границах параметров (7). Она не сохраняется также при замене значения a в (8). Так, при $a = 0.3$ получится

```
2.99999999997672E-0001  0.000000000000000E+0000.
```

Это объясняется потерей значащих цифр в процессе вычисления значения функции (8) вследствие нарушения числового диапазона.

Пример 6. Пусть рассматривается функция

$$f(x) = e^{-e^{-P_n(x)} + 1} - 1, \quad (9)$$

где $P_n(x)$ из (6).

Подпрограмма func записывается в виде

```
function func (var x: extended): extended;
const n1 = 6;
d: array [0..n1] of extended = (-36,0,49,0,-14,0,1);
var i1: 0..n1;p:extended;
begin p:= d[n1]; for i1:= 1 to n1 do p:= p*x+d[n1-i1]; func:= abs(exp(-exp(-p)+1)-1); end.
```

При параметрах (7), где для иллюстрации метода радиус локализации заменяется на $\text{eps0} = 1$; программа KORDEMINPOLsortnewprost выдает следующие элементы области корней

```
-1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

С учетом радиуса локализации (диаметр окрестности равен 2) можно допустить, что область корней включает промежуток $[-3, 3]$ (на величину $2*\text{eps0}$ можно отступить влево и вправо от наименьшего и наибольшего корня). Естественно этот промежуток увеличить – масштаб границ, в которых он найден, позволяет это выполнить, например, так: $x00 = -10$; $x11 = 10$; окончательный радиус локализации можно взять с запасом: $\text{eps0} = 0.000049$. С указанной выше подпрограммой func и с выбранными параметрами программа KORDEMINPOLsortnewprost даст правильный результат. Впрочем, вследствие эталонной отделенности корней, эта программа сразу даст правильный результат и при параметрах (7):

```
-1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

Пример 7. Пусть снова рассматривается функция (9), но полином $P_n(x)$ в показателе степени образован как произведение биномов из 10 корней, некоторые из них взаимно отделены на 0.0001:

$$P_n(x) = (x-1)(x-2)(x-3)(x-4.0007)(x-4.0008)(x-5)(x-6.0001)(x-6.0002)(x-7)(x-8). \quad (10)$$

Включение в программу KORDEMINPOLsortnewprost тестовых значений из (10) можно выполнить с помощью массива b: array [1..n1] of extended. Соответственно, программа должна включать следующие изменения. В разделе констант –

```
const n1 = 10; b: array [1..n1] of extended = (1, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001, 6.0002, 7, 8);
```

и подпрограмма func примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin p:= 1; for i1:= 1 to n1 do p:= p*(x-b[i1]); func:= abs(exp(-exp(-p)+1)-1); end.
```

Если теперь искать область корней функции (9) с полиномом (10) в показателе, то можно выбрать параметры (7). Без каких-либо других изменений программа выдает результат:

```
5.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
7.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
8.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000200000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
4.000800000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

Результат дает примерные границы области корней, [1, 8], а также информацию о структуре – корни включают десятичные мантиссы 0.0001 и 0.0008. С учетом радиуса локализации границы можно раздвинуть на единицу влево и вправо, что влечет [0, 9]. Промежуток можно увеличить, взяв, например, [-5, 20]. Радиус локализации можно взять достаточно малым: $\text{eps0} = 0.000049$; Окончательные параметры примут вид

$\text{eps} = 1\text{E-}44$; $\text{eps0} = 0.000049$; $h = \text{eps0}/33$; $n00 = 1512$; $mm = 4$; $x00 = -5$; $x11 = 20$.

Результат работы программы:

```
1.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
2.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
3.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00070000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00080000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
5.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.00020000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.00010000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
7.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
8.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
```

Все корни идентифицированы без пропуска и без искажения значащих цифр мантиссы.

Замечание 5. Функция (9) включает суперпозицию экспонент. Эти быстро растущие функции, если не ограничивать диапазона переменной и их значений, выходят из числового диапазона компьютера, что приводит к отказу его работы вследствие переполнения. Поэтому степень полинома в показателе требует ограничения и требует ограничения диапазон изменения независимой переменной. Так, если вместо (10) в качестве полинома взять полином 11-й степени с добавлением только одного корня

$\text{const } n1 = 11$; b : array [1..n1] of extended = (1, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001, 6.0002, 7, 8, 9),

то в рассмотренном диапазоне примера 7 наступит переполнение.

В итоге относительно идентификации области корней аналитической функции можно отметить следующее.

Предложение 4. Вне области корней аналитическая функция не обращается в ноль в силу второй теоремы Шварца, и к такой функции можно применить оценку границ и структуры расположения корней с помощью программы KORDEMINPOLsortnewprost. Единственное изменение в этой программе по сравнению с вычислением корней полинома включает подпрограмма func, которая теперь задает не полином, а конкретную аналитическую функцию. При этом необходимо принять во внимание отмеченные ограничения на диапазоны аргументов и значений функции. В рамках данных ограничений сохраняется инвариантность компьютерного метода и точность идентификации границ области, а также самих корней аналитической функции. Чтобы совместить программную идентификацию границ области действительных корней полинома с идентификацией самих корней, следует применить аналог итерационной схемы, описанной в предложении 3.

Относительно классификации метода сохраняется замечание 3.

Программная идентификация области и значений действительных корней трансцендентных уравнений. Наименьшее значение в окрестности элемента любой числовой последовательности по условию локализации всегда находится с единственностью [12]. Отсюда изложенная идентификация границ области корней аналитической функции применима к неаналитическим функциям с простым видоизменением. Именно, достаточно использовать программное условие, исключающее из рассмотрения аргументы функции, в которых ее значение отделено от нуля больше, чем на априори заданный числовой порог. Так, в программе KORDEMINPOLsortnewprost после метки 21: можно поставить оператор if ... then с требуемой границей. Например,

21: if $\text{func}(x) \leq 1\text{e-}20$ then writeln (' ', x, ' ', $\text{func}(x)$, ' ', x/π , ' ', $\text{round}(x/\pi)$, ' '); $aaa = x$. (11)

Пример 8. Пусть рассматривается неаналитическая функция

$$f(x) = \ln \left(1 + \sqrt{\left| \frac{\cos(\pi/2 - x)}{x} \times \left(e^{\left| \frac{\sin(x)}{x} \right| \frac{3}{2} - 1} \right) \right|} \right), \quad x \neq 0, \quad -300 \leq x \leq 300. \quad (12)$$

Функция (12) задается в подпрограмме func с условием, исключающим деление на ноль:

```
function func (var x: extended): extended;
begin if x <> 0 then func := abs(ln(1+sqrt(abs(cos(pi/2-x)/x*(exp(sqrt(abs(1/x*sin(x)))*abs(1/x*sin(x)))-1))))); end.
```

В условии вывода (11), помимо указанного ограничения на допустимые значения функции константой 10^{-20} , используются оператор вывода значений x/π и $\text{round}(x/\pi)$. Они показывают связь выводимых значений с числом π с целью тестового контроля найденных корней. С отмеченными изменениями и при параметрах

$\text{eps} = 1\text{E}-44$; $\text{eps0} = 0.00049$; $h = \text{eps0}/33$; $n00 = 1512$; $mm = 4$; $x00 = -300$; $x11 = 300$;

программа KORDEMINPOLsortnewprost даст результаты идентификации корней:

-2.98451302091073E+0002	0.00000000000000E+0000	-9.50000000000136E+0001	-95
-2.95309709437483E+0002	0.00000000000000E+0000	-9.40000000000135E+0001	-94
-2.92168116783893E+0002	0.00000000000000E+0000	-9.30000000000133E+0001	-93
-2.89026524130302E+0002	0.00000000000000E+0000	-9.20000000000132E+0001	-92
.....			
-6.28318530718049E+0000	0.00000000000000E+0000	-2.00000000000029E+0000	-2
-3.14159265359024E+0000	0.00000000000000E+0000	-1.00000000000014E+0000	-1
3.14159265358934E+0000	0.00000000000000E+0000	9.9999999999857E-0001	1
6.28318530717869E+0000	0.00000000000000E+0000	1.9999999999971E+0000	2
.....			
2.89026524130220E+0002	0.00000000000000E+0000	9.19999999999868E+0001	92
2.92168116783809E+0002	0.00000000000000E+0000	9.29999999999867E+0001	93
2.95309709437398E+0002	0.00000000000000E+0000	9.39999999999865E+0001	94
2.98451302090988E+0002	0.00000000000000E+0000	9.49999999999864E+0001	95

Все корни функции (12) на промежутке $[-300, 300]$ найдены без пропуска с 10 верными значащими цифрами десятичной мантиссы в представлении чисел с плавающей точкой. Точность ниже, чем в предыдущих примерах, объясняется машинной погрешностью вычисления суперпозиции стандартных функций. Вследствие хорошей отделенности корней с радиусом локализации $\text{eps0} = 0.00049$ сразу получились все корни в заданной области, так что область корней определилась непосредственно со всеми их значениями. Совершенно такой же результат (без улучшения точности и без изменения значащих цифр корней) получится, если взять $\text{eps0} = 0.000049$. В силу периодичности расположения корней аналогичный результат получался бы в произвольно заданной области допустимых значений функции (12). В частности, на промежутке $[-300000, 300000]$ все корни были бы найдены без пропуска и без изменения точности. В правильности нахождения корней можно непосредственно убедиться, сопоставив их с видом рассматриваемой функции: все корни кратны числу π и их номера не содержат пропуска, при этом нулевое значение корня исключено из области допустимых значений по условию вывода.

Для решения трансцендентного уравнения

$$\varphi_1(x) = \varphi_2(x), \quad x \in [a, b], \quad (13)$$

где обе функции такие, что обосновано существование на данном промежутке корня их разности, на вход программы достаточно подавать функцию

$$f(x) = \varphi_1(x) - \varphi_2(x), \quad x \in [a, b]. \quad (14)$$

В подпрограмме func осуществляется переход к модулю этой функции. Тогда программа KORDEMINPOLsortnewprost с описываемыми ниже изменениями даст приближения всех искомых корней уравнения (13).

Пример 9. Пусть рассматривается уравнение (13) вида

$$\sin(P_n(x)) + 1 = e^{\sin^4(P_n(x))}, \quad x \in [-10, 10], \quad (15)$$

где $P_n(x)$ из (10). В соответствии с (14) применительно к (15) и с учетом (10) подпрограмма func примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 0..n1; p: extended;
begin
  p := 1; for i1 := 1 to n1 do p := p*(x-b[i1]);
  func := abs(sin(P)+1-exp(sqr(sin(P))));
end;
```

В остальном программа не отличается от предыдущей (выходные корни не индексируются). В таком виде при $\text{eps0} = 0.0049$ программа позволит определить примерные границы области из следующего множества корней:

```
3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
4.000800000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
5.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000100000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

Эту область можно расширить от наименьшего и наибольшего из корней с запасом, например, $x_{00} = -1$; $x_{11} = 10$.

Замечание 6. При поиске корней трансцендентных уравнений ограничение на величину модуля выводимой функции в виде (11), но без специфики тригонометрической индексации корней, 21: `if func(x) <= 1e-20 then writeln (' ', x, ' ', func(x), ' '); aaa := x`; является всегда необходимым. Кроме того, вследствие вычисления входных значений сложных суперпозиций для идентификации корней часто необходимо брать радиус локализации на порядок меньший половины расстояния между ближайшими корнями.

Так, в данном примере для уравнения (15) при $\text{eps0} = 0.0000049$; получится

```
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
4.000700000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
4.000800000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
5.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000200000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
6.000100000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
7.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
8.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

При $\text{eps0} = 0.000049$ программа пропускала один корень, что не соответствовало степени полинома (10), входящего в уравнение (15).

Пример 10. Пусть рассматривается уравнение (15), где полином (10) меняется на полином (6). Соответственно, (14), (15) с учетом (6) подпрограмма `func` примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
const n1 = 6;
d: array [0..n1] of extended = (-36,0,49,0,-14,0,1);
var i1: 0..n1; p: extended;
begin
p := d[n1]; for i1 := 1 to n1 do p := p*x + d[n1-i1];
func := abs(sin(P) + 1 - exp(sqrt(sqrt(sin(P)))));
end.
```

При $\text{eps0} = 0.0049$ результат работы программы покажет структуру области корней:

```
-3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
-1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
3.000000000000000E+0000  0.000000000000000E+0000
```

При $x_{00} = -5$; $x_{11} = 5$ и $\text{eps0} = 0.000049$ получится тот же результат вследствие «эталонной» отделенности корней. В данном трансцендентном уравнении все корни совпали с корнями полинома (6), входящего в рассматриваемую суперпозицию (15).

Замечание 7. Предложенный метод поиска корней полиномов и аналитических функций, как правило, на практике находил все корни без пропуска и каждый из них без потери значащих цифр в формате `extended` представления числовых данных в Delphi. Это объяснялось тем, что в реализующей метод программе не производилось никакой вычислительной обработки входных значений полиномов и функций. Сортировка только сравнивала их значения, но не производила их преобразования. Во всех процедурах и операторах программы эти значения по-прежнему только сравнивались, но не преобразовывались (рис. 1–3). Однако

предложенный метод не всегда может сохранять это качество при решении трансцендентных уравнений. Переход от (13) к (14) всегда требует вычитания входных значений. Такая операция использует выравнивание порядков чисел в формате с плавающей точкой, которая (в силу «механического» сдвига мантииссы на ограниченной разрядной сетке) может повлечь потерю значащих цифр мантииссы числа в результате. Это усугубляется при сложении быстро растущих и быстро убывающих функций-слагаемых. Как следствие, в случае сложных функций при выполнении операции (14) точность метода, характерная при поисках корней полиномов и аналитических функций, может не сохраняться в случае решения трансцендентных уравнений.

Нетрудно сконструировать примеры и указать случаи, когда при решении трансцендентных уравнений рассматриваемым компьютерным способом будут происходить потери корней, искажение их значений и даже отсутствие результатов решения. Тем не менее иногда эта проблема решается переходом к меньшему радиусу локализации.

Пример 11. Пусть рассматривается уравнение

$$\sin(P_n(x)) \left| P_n(x) \right|^{\frac{3}{2}} = 1 - e^{\sin(P_n(x))}, \quad x \in [-1, 9], \quad (16)$$

где $n = 11$ и

$$P_n(x) = \prod_{i=1}^6 (x - (i + 0.101 + i/100)) \times (x - 4.3006)(x - 4.3007)(x - 6.8005)(x - 6.8006)(x - 6.8007). \quad (17)$$

Задачу (16), (17) программа решает правильно только при уменьшенном радиусе локализации $\text{eps0} = 0.0000049$. Для краткости решение приводится непосредственно на промежутке $x00 = -1$; $x11 = 9$; соответственно (14) применительно к (16), (17) подпрограмма `func` примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1; p: extended;
begin p := 1; for i1 := 1 to 11 do p := p*(x-b[i1]);
func := abs(sin(P)*sqrt(abs(p*p*p))-1+exp(sin(p)));
end.
```

Программа корректируется для задания корней с помощью массива `b`. В результате работы программы получатся правильные корни, представляющие решение задачи (16), (17):

1.11100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.12100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
3.13100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
4.14100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
4.30060000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
4.30070000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
5.15100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
6.16100000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
6.80050000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
6.80060000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
6.80070000000000E+0000	0.00000000000000E+0000

Некоторые из корней априори отличались на 0.0001.

Изложенный компьютерный метод оценки области действительных корней полиномов указывает не только границы области, но позволяет получить структуру расположения корней с помощью их идентификации. В этом состоит отличие от аналитических методов, представленных во введении, и от других известных методов оценки области корней, в частности [15]. В идентифицированных границах посредством уменьшения радиуса локализации метод позволяет найти все действительные

корни. При этом не используются математические преобразования полиномов, но используются только их значения на каждом шаге дискретизации, а также сравнения значений, что в целом обуславливает относительно высокую точность идентификации корней. На входе метода полином может определяться значениями без использования коэффициентов, задание значений может быть неявным. Без существенных изменений метод переносится на идентификацию области и самих действительных корней аналитической функции, представимой в языке программирования, анало-

гично, применим к поиску действительных корней неаналитических функций и трансцендентных уравнений. Метод реализуется по единой программе стандартного вида. В качестве ограничения в применении необходимо учитывать опасность выхода из числового диапазона при вычислении входных значений функций. Как показывают приведенные выше примеры и результаты численного эксперимента, выход из границ диапазона не всегда удается указать априори. К недостаткам метода относится то, что корни функции идентифицируются без учета кратности. Вместе с тем в случае полинома кратность корня можно определить его подстановкой в производные последовательных порядков от этого полинома. Метод является прикладным, сугубо компьютерным, не имеет аналитической формы, поэтому непригоден для теоретических оценок. Элементы метода обсуждались в [12, 13], но неполно: не было обоснования идентификации границ области корней полиномов, исследование не относилось к случаям аналитических функций и корней трансцендентных уравнений.

Численные эксперименты, при отмеченных ограничениях, в большинстве случаев показывают достоверность работы, реализующей метод программы. При этом необходим правильный выбор радиуса локализации, который при отсутствии информации о расстоянии между корнями всегда следует брать с существенным запасом малости.

Заключение

Изложен компьютерный метод идентификации области, структуры расположения и значений действительных корней полинома на основе применения устойчивой адресной сортировки слиянием. Метод распространяется на идентификацию корней аналитических функций, функций общего вида и корней трансцендентных уравнений. При ограничениях, исключающих выход из числового диапазона, идентификация границ совмещается с идентификацией непосредственно самих корней функции, как правило, без их пропуска, с точностью до представления числовых данных в Delphi. Метод реализуется с помощью единой программы стандартного вида.

Список литературы

1. Уилкинсон Д.Х. Алгебраическая проблема собственных значений. М.: Наука, 1970. 564 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/Uilkinson1970ru.pdf> (дата обращения: 09.06.2025).
2. Фаддеев Д.К., Фаддеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Физматгиз, 1960. 656 с.
3. Фаддеев Д.К. Лекции по алгебре. СПб.: Лань, 2023. 416 с.
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Физматгиз, 1966. 665 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/DemidovichMaron1966ru.pdf> (дата обращения: 27.06.2025).
5. Иванисов А.В., Полищук В.К. Метод нахождения корней полиномов, сходящийся при любом начальном приближении // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1985. Т. 25. № 5. С. 643–653. URL: <https://www.mathnet.ru/links/764d818bac0591e6d115fc801602e439/zvmmf4182.pdf> (дата обращения: 14.06.2025). Англоязычная версия: USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics. 1985. Vol. 25, Is. 3. P. 1–7. DOI: 10.1016/0041-5553(85)90066-7.
6. Суетин С.П. Распределение нулей полиномов Паде и аналитическое продолжение // Успехи математических наук. 2015. Т. 70. Вып. 5 (425). С. 121–174. DOI: 10.4213/tm9675.
7. Задорожний В.Г. Условия, при которых корни многочлена лежат внутри единичного круга // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 2. С. 22–25. URL: <https://journals.vsu.ru/sait/article/view/1206> (дата обращения: 07.06.2025). DOI: 10.17308/sait.2018.2/1206.
8. Mohammad J. Mahtabi, Arash Ghasemi, Amirehsan Ghasemi, James C. Newman. III. Polynomial Approximation over Arbitrary Shape Domains // Mathematical and Computational Applications. 2024. № 29 (6). P. 110. URL: <https://www.mdpi.com/2297-8747/29/6/110> (дата обращения: 14.06.2025). DOI: 10.3390/mca29060110.
9. Скляр А.А. Численные методы нахождения корней многочленов с действительными и комплексными коэффициентами // Программные системы и вычислительные методы. 2024. № 3. С. 64–76. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=71103 (дата обращения: 14.06.2025). DOI: 10.7256/2454-0714.2024.3.71103.
10. Калинина Е.А. Применение алгебраических методов для анализа сложных систем: дис. ... докт. физ.-мат. наук. Санкт-Петербург, 2016. 257 с. [Электронный ресурс]. URL: https://disser.spbu.ru/files/2018/kalinina_e_a_disser.pdf (дата обращения: 14.06.2025).
11. Шабат Б.В. Введение в комплексный анализ: Функции одного переменного. Ч. 1. М.: Издательская группа URSS, 2024. 344 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&lang=ru&page=Book&id=3209-83&srsltid=AfmBOor8eUWzNSpkIO25vx8VtuNWMN6wDG8bdGNSqDhktwZvMFQlaLLQ> (дата обращения: 14.06.2025).
12. Ромм Я.Е. Идентификация нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к анализу устойчивости. I. Случай одной действительной переменной // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6–1. С. 79–97. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38075> (дата обращения: 14.06.2025). DOI: 10.17513/snt.38075.
13. Ромм Я.Е. О границах идентификации корней полиномов на основе устойчивой адресной сортировки // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 12–1. С. 84–108. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=38959> (дата обращения: 14.06.2025). DOI: 10.17513/snt.38959.
14. Джанунц Г.А., Ромм Я.Е. Варьируемое кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений с итерационным уточнением // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2017. Т. 57. № 10. С. 1641–1660. URL: https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=zvmmf&paperid=10624&option_lang=rus (дата обращения: 07.08.2025). DOI: 10.7868/S0044466917100076.
15. Немирович-Данченко М.М. Анализ комплексных корней характеристического полинома преобразования Прони в скользящем окне при обработке записей ЭЭГ // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика. 2021–6Т. 1. № 4. С. 1–6. URL: https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/81926/1/b_TPU_IndCyb-2023-v1-i4-01.pdf (дата обращения: 07.06.2025). DOI: 10.18799/29495407/2023/4/37.

УДК 004.822
DOI 10.17513/snt.40463

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ГИБРИДНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ОТБОРА ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Федухина Д.В.

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: d.artemova@narfu.ru

В настоящее время наблюдается большой интерес к сфере математического моделирования социальных процессов. Большой поток информации, социальных контактов, правил взаимодействия людей и объектов между собой зачастую приводит к ошибкам или сбоям в системе. Для того чтобы минимизировать риски и оптимизировать работу, обращаются к имитационным моделям, задавая им различные правила взаимодействия и возможные состояния. Целью данного исследования является математическое описание процесса отбора обучающихся на программу дополнительного образования. Для достижения сформулированной цели автором был рассмотрен пример применения гибридных автоматов для отбора на программы дополнительного образования. Особенность гибридных автоматов позволяет комбинировать в себе несколько условий и проводить более глубокий анализ абитуриентов – уровень их знаний, наличие высокой мотивации и интереса к предлагаемой программе. По результатам проведенного исследования были выполнены расчеты для абитуриентов, поступающих на программу образовательного проекта Яндекс.Лицей. Приведенные данные показывают, что поступившие по результатам вступительных испытаний имеют высокие образовательные показатели в год окончания обучения. Как показывают результаты апробации такого автомата, подавляющее большинство поступающих успешно осваивают выбранную программу дополнительного образования, получая высокие выпускные баллы.

Ключевые слова: гибридный автомат, взаимодействие агентов, конечные автоматы, потребность, учебный процесс

APPLICATION OF A HYBRID AUTOMATIC MODEL FOR SELECTION OF STUDENTS FOR ADDITIONAL EDUCATION PROGRAMS

Fedukhina D.V.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: d.artemova@narfu.ru

Currently, there is great interest in the field of mathematical modeling of social processes. A large flow of information, social contacts, rules of interaction between people and objects often lead to errors or failures in the system. In order to minimize risks and optimize work, they turn to simulation models, setting them various rules of interaction and possible states. The purpose of this study is a mathematical description of the process of selecting students for an additional education program. To achieve the formulated goal, the author considered an example of using hybrid machines for selection for additional education programs. The peculiarity of hybrid machines allows you to combine several conditions and conduct a more in-depth analysis of applicants – their level of knowledge, high motivation and interest in the proposed program. Based on the results of the study, calculations were made for applicants entering the Yandex.Lyceum educational project program. The data provided show that those admitted based on the results of entrance examinations have high educational indicators in the year of graduation. As the results of testing such a machine show, the overwhelming majority of applicants successfully master the selected additional education program, receiving high graduation grades.

Keywords: hybrid automaton, agent interaction, finite automata, need, learning process

Введение

Для реализации математического описания реальных объектов применяется агентный подход. Под агентом в математическом моделировании понимается некоторая сущность (человек, машина, животное, город и др.), находящаяся и действующая в определенной внешней среде. Выделяют несколько типов поведения агентов: взаимодействие с другими агентами или нейтралитет – приобретенное знание агента, основанное на его опыте взаимодействия и преследуемых целях [1]. Иначе говоря,

под агентом понимается элемент модели, который может иметь поведение, память (историю), контакты и т.д.

Автоматом называется абстрактное устройство, которое выполняет определенные операции без вмешательства человека. Автоматы, имеющие конечное число состояний, называются конечными. Такой тип является наиболее распространенным в математическом моделировании. Любые автоматы, в том числе конечные, включают в себя состояния и переходы. При поступлении на автомат чего-либо (например, символа)

он совершает переход в другое состояние, что регулируется его функцией перехода, которая принимает в качестве аргументов предыдущее состояние и текущий введенный символ.

В научных изданиях [2–4] рассматривается использование гибридного автомата как частного случая конечного. Гибридные автоматы отличаются сочетанием двух видов состояний – непрерывных и дискретных. В узлы гибридного автомата интегрируются динамические системы, а смена поведения описывается дугами.

В общепринятом определении, используемом в том числе авторами [2–4], гибридным автоматом (ГА) называется совокупность

$$HA = (Q, X, F, Init, Inv, J),$$

где

- $Q = (1, 2, \dots, N)$ – множество дискретных состояний автомата;
- $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – совокупность непрерывных переменных;
- $F: Q \times R^n \rightarrow R^n$ – непрерывное поведение автомата;
- $Inv \subseteq Q \times R^n$ – множество, на котором ГА не изменяет дискретное состояние;
- $Init \subseteq Inv$ – множество начальных значений ГА.
- $J: Q \times R^n \rightarrow \beta(Q \times R^n)$ – условие изменения дискретного состояния (рис. 1).

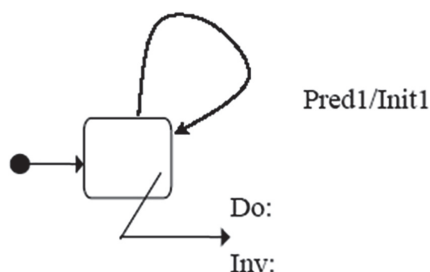


Рис. 1. Гибридный автомат

Источник: составлено автором на основе [2–4]

На рис. 1 выделены несколько ключевых компонентов: прямоугольник обозначает длительные процессы, стрелка с условиями и функцией инициализации указывает на остановку интегрирования и выбор новых начальных условий, а ломаная линия представляет интегрируемую систему и функцию-инвариант, определяющую свойства решения. Маленькая стрелка обозначает начальное состояние, которое выделяется, если в автомате присутствует несколько состояний.

В работах Б.И. Клебанова, Т.В. Антропова и Е. Рябкиной рассматривается

возможность применения модели гибридного автомата для описания процессов поведения и развития агентов, обладающих определенными наборами потребностей, ресурсов и средств их реализации в заданной среде [5–7]. Поведение индивидуумов, в данном случае абитуриентов, определяется их потребностями, которые реализуются через типовые сценарии поведения (паттерны). Модель агента представлена в виде расширенного гибридного автомата, учитывающего альтернативы реализации потребностей и функции выбора при переходе автомата между состояниями.

Таким образом, формальная задача, решаемая с помощью математического моделирования на основе гибридного автомата, может быть четко изложена в терминах, применяемых как в дополнительном, так и в общем образовании.

Цель исследования – математическое описание процесса отбора обучающихся на программу дополнительного образования.

Материалы и методы исследования

Гибридные автоматы, сочетающие дискретные и непрерывные динамические процессы, находят применение в управлении сложными системами, включая образовательные. Хотя в рассмотренных работах прямое использование гибридных автоматов в педагогике не описано, ряд исследований предлагает методы, которые могут быть адаптированы для этой сферы.

В частности, исследования Клебанова и Антропова [4, 6] демонстрируют применение гибридных автоматов для формализации поведения агентов, что может быть использовано при проектировании адаптивных обучающих систем. Исследователи также предлагают гибридные модели на основе клеточных автоматов, которые потенциально применимы для персонализации образовательных траекторий и управления учебными процессами.

Косвенное отношение к теме имеют исследования, связанные с агентным моделированием, прогнозированием сложных систем и сетевым планированием [7, 8]. Эти работы предлагают методы, которые могут быть интегрированы в образовательные системы с использованием гибридных автоматов – например, для анализа успеваемости, автоматизации управления ресурсами или адаптации учебных программ. Таким образом, несмотря на отсутствие прямых примеров применения гибридных автоматов в образовании, рассмотренные исследования формируют теоретическую и методологическую основу для их внедрения в этой области.

Исследование проводилось в течение пяти лет (с сентября 2020 г. по июнь 2024 г.) среди абитуриентов-школьников, 13–17 лет, поступающих на программу образовательного проекта Яндекс.Лицей «Основы программирования на языке Python». При проведении исследования применялись следующие методы: наблюдение во взаимодействии с абитуриентом (интервьюирование, оценка мотивации к обучению), анализ данных (полученных выпускниками баллов при окончании обучения), проведение эксперимента (описание гибридного автомата, проверка его работоспособности на результатах поступающих) [8, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Центр дополнительного образования детей «Дом научной коллаборации имени М.В. Ломоносова» был создан при ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» в 2020 г. Основная деятельность центра связана с реализацией программ дополнительного образования для детей 5–11 классов.

В настоящее время реализуется более 40 программ для 60 групп обучающихся. За один учебный год через программы центра проходит около 1200 школьников Архангельска и области.

В связи с тем, что деятельность центра полностью финансируется Правительством Архангельской области, все занятия, расходные материалы, оборудование и пр. предоставляются обучающимся бесплатно, поэтому на все программы центра «Дом научной коллаборации имени М.В. Ломоносова» проводятся конкурсные испытания, чтобы зачислить в группы ребят, имеющих высокие способности к обучению. Получается, что из 4500 поданных заявлений на обучение зачисляется только 2000. Увеличить число обучающихся центр не имеет возможность, так как программы реализуются в лабораториях, в том числе университета, а их площадь и ресурсы ограничены.

Формирование рейтинга обучающихся производится по результатам вступительных испытаний с учетом мест, которые занимают дети, прошедшие на программу без дополнительного отбора. Если абитуриент не попал в группу, он заносится в условный резерв, ниже объясним назначение этого списка [10, 11].

Справляться с объемами поступающих документов сложно, иногда случаются ошибки. Чтобы учесть все данные, предлагается описание системы при помощи математического моделирования, в частности

агентного моделирования, где ресурсом выступают знания, получаемые на занятиях, а агентами – абитуриенты и обучающиеся центра.

Рассматривать предлагается модель агента, имеющего одну потребность: получение ресурса, то есть новых знаний [12]. Определим, что целью описываемого агента, то есть абитуриента, подавшего документы, является получение знаний в неограниченном количестве. На практике это и наблюдается: несмотря на наличие программы курса, по которой работают педагоги, она может быть расширена и усложнена при соответствующем «запросе» от обучающихся.

Обозначим множество состояний агента: $Q = \{q_1, M\}$, где q_1 – состояние покоя, M – допустимое множество способов получения знаний.

$q_2 \in M$ – при выборе определенного способа получения знаний агент начинает их приобретать.

Также стоит ввести функцию

$$fg_1(rln(t)) = rln(t-1) - \delta,$$

где rln – внутренний параметр ресурса агента, δ – величина, на которую изменяется за один год (такт) значение rln . Это функция уменьшения контролируемого внутреннего параметра агента с течением времени в состоянии q_1 , то есть увеличение уровня знаний ученика.

fv_1 – функция выбора способа получения необходимых новых знаний.

fe_1 – функция увеличения объема знаний ребенка (с промежуточной и итоговой аттестациями) при реализации выбранного способа получения компетенций в состоянии q_2 .

Тогда

$$fe_1(rln(t)) = rln(t-1) + \alpha - \delta,$$

где α – величина приращения показателя rln , то есть повышение уровня знаний.

Стоит заметить, что уровень знаний у детей может быть разным, то есть $q \in Q$;

E – множество дуг переходов между двумя состояниями. Так $e(q_1; q_2) \in E$ – дуга между q_1 и q_2 ;

$P\{p_1\}$ – множество потребностей, но в рассматриваемом в статье случае она единственная – p_1 .

Введем также величину $rlnT$ – такой критический уровень знаний ребенка, при котором возникает потребность их увеличения.

Множество возможных событий можно определить следующим образом $S\{s_1, s_2\}$, где $s_1 : fg_1(rln(t)) = fg_1(rlnT)$ – событие, при котором возникает потребность p_1 , то есть получения новых знаний;

$s_2 : fe_1(rIn(t)) = max$ – потребность в получении новых знаний удовлетворена (программа освоена, выдан сертификат об окончании обучения),

G – множество условий переходов между состояниями q_1 и q_2 . Тогда

$g_1 : q_1 \rightarrow q_2$, если произошло событие s_1 ;

$g_2 : q_2 \rightarrow q_1$, если произошло событие s_2 .

Такая модель может реализовываться ежегодно, так как любая программа рассчитана на один учебный год, следовательно, в новом учебном году можно выбрать другое направление обучения, что повышает уровень имеющихся знаний у ребенка. Также при использовании такого рода моделирования становится понятно, каких детей необходимо принимать на обучение в первую очередь.

Представим работу автомата в виде графика, отображающего результаты освоения 44 выпускниками программ «Основы программирования на языке Python» в рамках проекта Яндекс.Лицей. Обучение по этой программе проходит в течение двух лет, обучающиеся набирают баллы за выполнение контрольных и самостоятельных работ. При поступлении на программы проекта абитуриенту необходимо пройти конкурсный отбор (в среднем конкурс достигает трех-четырех человек на место), а обучение начинается с основ изучения языка программирования Python, то есть все поступившие обладают высокой мотивацией и к ним не предъявлены начальные требования по уровню знания языка программирования. На основании приведенных в источниках подходов к работе гибридного автомата [13] выполним распределение выпускников проекта Яндекс.Лицей по набранным ими выпускным баллам (рис. 2).

Из графика следует, что математическое ожидание достигнутого уровня компетентности составляет 60 баллов, что несколько выше среднего значения. Стоит отметить, что полученные результаты являются объективными, так как проверяет решение задач система, а не человек.

Проведенное исследование демонстрирует, что применение гибридного автомата для отбора обучающихся на программу Яндекс.Лицей позволило достичь высокой точности в прогнозировании успеваемости. Среди 44 выпускников программы 85% набрали более 50 баллов из 100, что подтверждает их высокий уровень подготовки.

Математическое ожидание баллов составило 60, что на 15% выше среднего показателя по аналогичным программам без использования автоматизированного отбора.

Стандартное отклонение в 12 баллов указывает на однородность уровня подготовки, что свидетельствует о корректной работе модели в отсеке слабомотивированных кандидатов.

Критическим фактором успеха стала интеграция трех ключевых параметров в модель гибридного автомата:

- Уровень начальных знаний (оценивался через тестовые задания).

- Мотивация (анализировалась на основе анкетирования и собеседований).

- Динамика прогресса (моделировалась через непрерывные переменные, такие как скорость усвоения материала).

Для оценки эффективности модели были сопоставлены две группы:

- Экспериментальная группа (отбор с помощью гибридного автомата, $n = 44$):

- средний балл выпускников – 60;
- минимальный балл – 40;
- стандартное отклонение – 12.



Рис. 2. Распределение выпускников проекта Яндекс.Лицей в соответствии с набранными баллами
Источник: составлено автором на основе [14, 15]

– Контрольная группа (ручной отбор, $n = 50^*$):

- средний балл – 48;
- минимальный балл – 20;
- стандартное отклонение – 18.

Статистическая значимость различий подтверждена критерием Стьюдента ($p < 0,05$). Это доказывает, что гибридный автомат снижает вариативность результатов и повышает средний уровень подготовки выпускников.

Рассмотрим практические аспекты внедрения такой системы приема абитуриентов на обучение:

– Оптимизация ресурсов путем сокращения времени обработки заявок на 40% за счет автоматизации.

– Уменьшение ошибок при выборе рекомендованных поступающих при зачислении (с 15 до 3%).

– Возможность настройки параметров под разные программы и первоначальные входные требования к поступающим (например, для курсов по робототехнике может быть добавлен критерий «опыт проектной работы»).

Рассмотрим пример работы модели: абитуриент с начальным уровнем 30 баллов и высокой мотивацией (оценка 9 по десятибалльной шкале). Модель предсказала его итоговый балл в 65, фактический результат – 68. Погрешность в 4,6% допустима для образовательного контекста.

При этом для абитуриента с высоким стартовым уровнем (70 баллов), но низкой мотивацией (4/10) прогноз составил 50 баллов, фактический – 45. Это подтверждает, что мотивация является критическим фактором успеха, даже при изначально сильной подготовке.

В рамках усовершенствования системы отбора предлагается:

– Расширение параметров: включение данных о вовлеченности (например, активность на платформе) и субъективных факторов (например, социального положения ученика).

– Применение нейросетевых алгоритмов для нелинейной корректировки весовых коэффициентов.

– Масштабирование системы: апробация модели в других образовательных проектах с учетом особенностей направления.

Заключение

Таким образом, предложенный подход к моделированию процесса отбора и дальнейшего получения знаний помогает поступить на программы дополнительного образования детям с высоким уровнем мотивации, а также успешно завершить

обучение. На основе полученных баллов участников образовательного проекта Яндекс.Лицей можно сделать вывод о целесообразности применения предложенной модели с использованием гибридного автомата. Рассмотренная частная модель гибридного автомата может быть использована при разработке систем имитационного моделирования и управления объектами образования.

Результаты подтверждают, что гибридный автомат не только повышает объективность отбора, но и способствует достижению высоких образовательных результатов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на персонализацию критериев для разных дисциплин.

Список литературы

1. Россихина Л.В., Бецов А.В., Макаров В.Ф., Кондратьев В.Д. Математическое моделирование отношений агентов организационной системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. № 12 (4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1661> (дата обращения: 01.06.2025). DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.001.
2. Elmetennani S., Laleg-Kirati T.M., Djemai M., Tadjine M. New MPPT algorithm for PV applications based on hybrid dynamical approach // Journal of Process Control. 2016. Vol. 48. P. 14–24. DOI: 10.1016/j.jprocont.2016.10.001.
3. Сай В.К., Щербakov М.В. Классификационный подход на основе комбинации глубоких нейронных сетей для прогнозирования отказов сложных многообъектных систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. № 8 (2). URL: https://moit.vvt.ru/wp-content/uploads/2020/05/SaiShcherbakov_2_20_1.pdf (дата обращения: 01.08.2025). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.037.
4. Клебанов Б.И., Антропов Т.В. Применение модели гибридного автомата для формализации поведения интеллектуальных агентов // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. С. 32–35. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37487> (дата обращения: 17.02.2025).
5. Klebanov B., Riabkina E., Antropov T. The principles of multi-agent models of development based on the needs of the agents // Proceedings of the 35th Chinese Control Conference. CCC 2016. 2016. P. 7551–7555. DOI: 10.1109/ChiCC.2016.7554553.
6. Klebanov B.I., Antropov T.V. Cycle of the needs satisfaction, and information support of the society development simulation system // AIP Conference Proceedings. 2017. Vol. 1836, Is. 1. P. 020039. DOI: 10.1063/1.4981979.
7. Азарнова Т.В., Аснина Н.Г., Бондаренко Ю.В., Сорокина И.О. Сетевое планирование и ресурсная оптимизация проекта в условиях нечеткого группового экспертного оценивания длительности выполнения работ // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. № 13 (1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1861> (дата обращения: 03.06.2025). DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.041.
8. Афанасьев В.В., Афанасьев И.В., Куницына С.М. Принятие управленческих решений в процессе формирования партнерских отношений в системе дополнительного профессионального образования // Инновационные проекты и программы в образовании. 2020. № 2 (68). С. 42–47. EDN: RPFUS.
9. Liu J., Yu C., Li C., Han J. Cooperation or Conflict in Doctor-Patient Relationship? An Analysis From the Perspective of Evolutionary Game // IEEE Access. 2020. № 8. P. 42898–42908. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2977385.

10. Бабанская О.С. Метод математического моделирования в обучении учащихся решению прикладных задач в средней школе // *Universum: психология и образование*. 2019. № 12 (66). URL: <https://7universum.com/ru/psy/archive/item/8410> (дата обращения: 05.06.2025).

11. Сысоев Д.В. Методы анализа канонических корреляционных плеяд в отношениях конфликта в социальных группах // *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2020. № 4. С. 9–14. EDN: SAXSLI.

12. Burkov V.N., Enaleev A.K., Korgin N.A. Incentive Compatibility and StrategyProofness of Mechanisms of Organizational Behavior Control: Retrospective, State of the Art, and Prospects of Theoretical Research // *Automation and Remote Control*. 2021. № 82 (7). С. 1119–1143. DOI: 10.1134/S0005117921070018.

13. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Маилян Л.Д., Серебрякова Е.А. Оптимизационные модели – инструмент системного моделирования. М.: ООО «Кредо», 2023. 522 с. EDN: AVOTIM. ISBN 978-5-91375-158-4.

14. Evsutin O., Shelupanov A., Mescheryakov R., Bondarenko D., Raschupkina A. The Algorithm of Continuous Optimization Based on the Modified Cellular Automaton // *Symmetry*. 2016. Vol. 8, Is. 9. P. 184–199. URL: https://www.researchgate.net/publication/306929607_The_Algorithm_of_Continuous_Optimization_Based_on_the_Modified_Cellular_Automaton (дата обращения: 25.06.2025). DOI: 10.3390/sym8090084.

15. Евсютин О.О. Непрерывная оптимизация с помощью гибридной модели клеточных автоматов и обучаемых автоматов // *Доклады ТУСУР*. 2019. Т. 22. № 1. С. 50–54. DOI: 10.21293/1818-0442-2019-22-1-50-54.

СТАТЬИ

УДК 378:004.853

DOI 10.17513/snt.40464

**ОСНОВНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, НЕОБХОДИМЫЕ
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА В ОБЛАСТИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**¹Беспалько А.А., ²Строганова Н.В., ¹Тутынина О.И.¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород;²Волго-Вятский филиал ФГБОУ ВО «Московский институт связи и информатики», Нижний Новгород, e-mail: snv_nki@mail.ru

Современная подготовка специалистов по машинному обучению требует сочетания глубоких теоретических знаний, определенных практических навыков и развития целого набора общих компетенций. Целью данного исследования является выделение в рамках существующих компетенций тех знаний, умений и навыков, которыми должен обладать специалист в области машинного обучения. Конкретный набор этих знаний, умений и навыков определяется выбранной специализацией в области машинного обучения (например, программист, исследователь машинного обучения, аналитик данных, архитектор машинного обучения и т.д.) и основан на обучении решению основных типов задач в области искусственного интеллекта. В статье представлен базовый структурированный план обучения специалиста по искусственному интеллекту, основанный на актуальных требованиях рынка и современных образовательных стандартах. В нем выделены все основные виды и задачи машинного обучения и сформулированы конкретные знания, умения и навыки, которыми должны овладеть обучающиеся, получающие образование в этой области. Такой структурированный план охватывает ключевые теоретические и практические аспекты подготовки специалиста в сфере машинного обучения с учетом выбранного направления, а также обеспечивает развитие универсальных компетенций, востребованных в современной индустрии искусственного интеллекта. Этот план может быть взят за основу обучения на любом уровне образования: от бакалавриата до курсов повышения квалификации или переподготовки, поскольку он гибко адаптируется под индивидуальные потребности и может служить базой для дальнейшей специализации в конкретных областях машинного обучения.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, специалист, Python, обработка данных, алгоритм

**THE BASIC KNOWLEDGE, SKILLS AND ABILITIES REQUIRED
FOR A SPECIALIST IN THE FIELD OF MACHINE LEARNING**¹Bespalko A.A., ²Stroganova N.V., ²Tutynina O.I.¹Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod;²Volga-Vyatka Branch of the Moscow Institute of Communications and Informatics, Nizhny Novgorod, e-mail: snv_nki@mail.ru

Modern training of machine learning specialists requires a combination of deep theoretical knowledge, certain practical skills and the development of a whole set of general competencies. The purpose of this study is to identify, within the framework of existing competencies, the knowledge, skills and abilities that a specialist in the field of machine learning should possess. The specific set of these knowledge, skills and abilities is determined by the chosen specialization in the field of machine learning (for example, programmer, machine learning researcher, data analyst, ML architect, etc.) and is based on training in solving basic types of tasks in the field of artificial intelligence. The article presents a basic structured training plan for an AI specialist based on current market requirements and modern educational standards. It highlights all the main types and tasks of machine learning and formulates specific knowledge, skills and abilities that students who receive education in this field should master. Such a structured plan covers the key theoretical and practical aspects of training a specialist in ML, taking into account the chosen direction, and also ensures the development of universal competencies in demand in the modern AI industry. This plan can be used as the basis for training at any level of education: from bachelor's degree to advanced training or retraining courses, as it flexibly adapts to individual needs and can serve as a basis for further specialization in specific areas of machine learning.

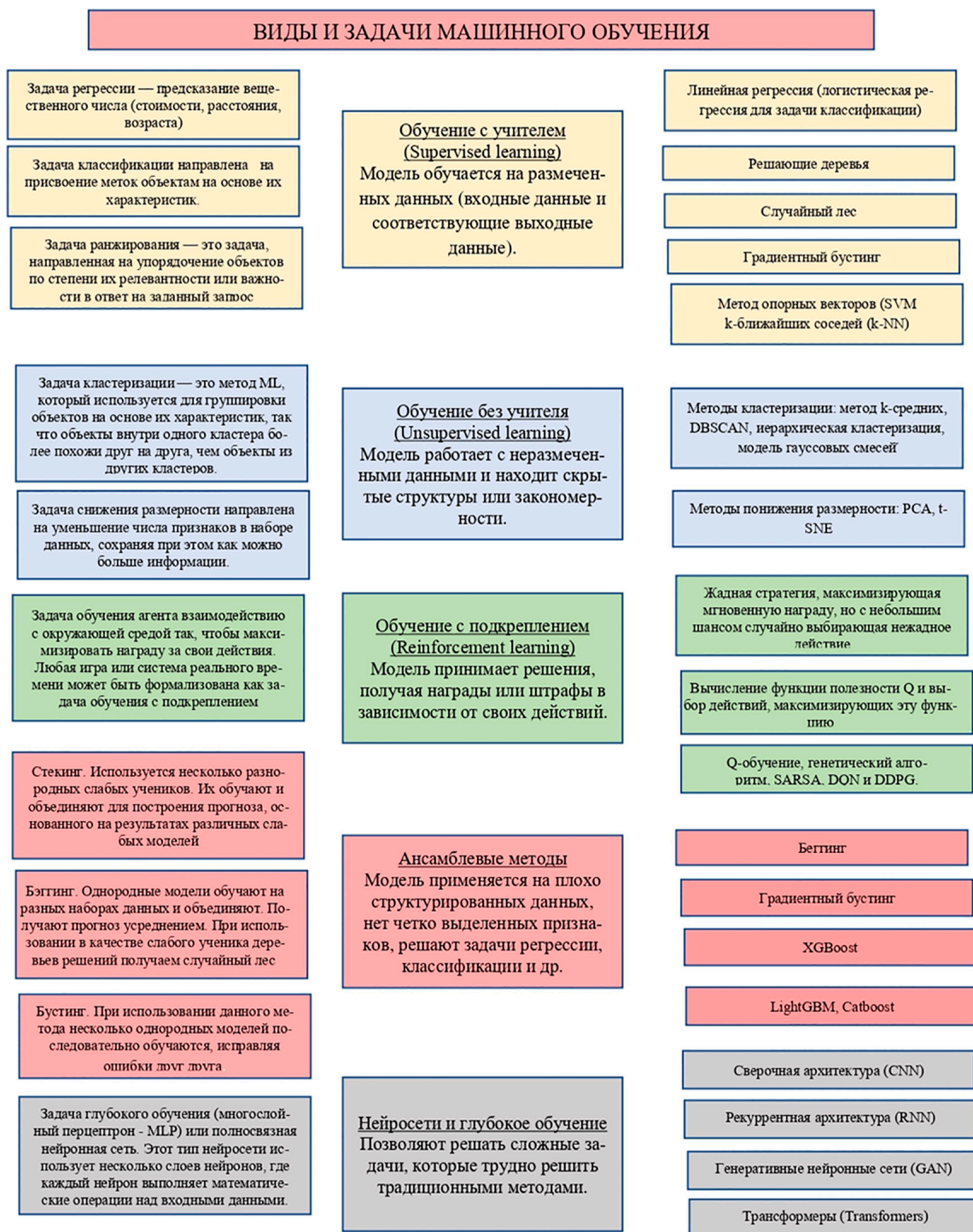
Keywords: machine learning, artificial intelligence, specialist, Python, data processing, algorithm

Введение

Машинное обучение (ML) можно назвать одним из этапов реализации идеи искусственного интеллекта (AI). Технологии машинного обучения позволяют компьютерным системам учиться на основе данных, предоставленных для обучения без непосредственного участия человека, то есть на основе некоторых алгоритмов. За последние десятилетия данная технология вошла

во многие сферы человеческой жизни – это рекомендательные системы, прогнозирование, машинное зрение, генерация текста, изображения, музыки и др. [1, 2].

Таким образом для подготовки специалистов в сфере машинного обучения необходима актуализация знаний, умений и навыков, дающих непрерывное и эффективное движение по образовательной траектории [3, 4].



Виды и задачи машинного обучения
Источник: составлено авторами

Цель исследования – выделение в рамках существующих компетенций тех знаний, умений и навыков, которыми должен обладать специалист в области ML.

Применение этого набора целесообразно при формировании учебных планов, на-

правленных на подготовку специалистов в области ML. На практике перед авторами стояла задача разработать план обучения в рамках дополнительного профессионального образования по направлению «Анализ данных и машинное обучение». Особен-

ность заключается в том, что на курс попадают обучаемые самого разного уровня подготовки, поэтому учебный план должен включать максимально широкий набор умений, знаний и навыков (УЗН). Вторая особенность курса – его назначение. Он подразумевает некий старт для обучающихся в будущей профессиональной деятельности в сфере ML, с последующим выбором направления для развития. Поэтому важная задача – выработать общий базовый набор УЗН, который даст основу студентам в дальнейшей профессиональной траектории.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования служит набор компетенций, выставляемых на рынке труда к специалистам различной направленности в областях применения искусственного интеллекта. Методика исследования включает в себя систематизацию и анализ предъявляемых требований к соискателям на позиции различного рода специалистов по машинному обучению и обработке данных.

Суть машинного обучения

Машинное обучение берет свое начало в середине XX в. из работ таких ученых, как Алан Тьюринг, Артур Самуэль, Фрэнк Розенблатт, Марвин Минский, Сеймур Пейперт и др. С развитием вычислительных мощностей и возможностью копировать большие объемы информации в 1990-х гг. наблюдался прогресс в области ML. В начале 2000-х гг. активно развиваются биоинформатика, обработка естественного языка и компьютерное зрение [5, 6]. В 2010-е гг. появляются технологии распознавания изображений и речи. В последние годы машинное обучение продолжает развиваться быстрыми темпами, сейчас ML способен генерировать тексты, изображения и видео [5, 6].

Интересным направлением будущего развития технологий машинного обучения является разработка методов обучения с малым количеством данных [8, 9].

Общие этапы процесса машинного обучения включают следующие этапы: сбор данных, предобработка данных, выбор модели, обучение модели, оценка производительности и внедрение. Все задачи машинного обучения принято делить на классы, которые представлены на рисунке.

Обучение будущих специалистов в области ML

Бурное развитие технологий машинного обучения за последние десятилетия и практическое их применение в повседневной деятельности человека привело к возрастанию интереса к этой области информационных технологий со стороны молодых специалистов. Для высшего образования остро встали вопросы о компетенциях, знаниях, умениях и навыках будущих специалистов в сфере ML и Data Scientist. Вузы встали перед проблемой построения траектории роста. Альянс в сфере искусственного интеллекта, который объединяет ведущие технологические компании для совместного развития их компетенций и ускоренного внедрения искусственного интеллекта в образовании, научных исследованиях и в практической деятельности бизнеса, разработал базовую модель компетенций специалистов в сфере AI [10, 11]. Она служит основой для построения образовательных программ соответствующего направления. Однако вузам необходимо самостоятельно определять перечень предметов и спецкурсов, а также их содержание.

Авторами был выделен набор специальностей в сфере ML и составлены требования к их УЗН, представленные в табл. 1–6.

Таблица 1

Профессиональные знания, умения и навыки программиста по машинному обучению

Знания	Умения	Навыки
Математика и статистика. Основы линейной алгебры, статистики и теории вероятностей. Языки программирования: Python, R, основы SQL. Библиотеки и фреймворки: Keras, PyTorch, Scikit-learn, TensorFlow. Основные алгоритмы: регрессия, классификация и кластеризация	Работать с базами данных, извлекать данные, очищать и преобразовывать данные, представлять результаты анализа в понятном виде, проводить оценку производительности моделей с использованием различных метрик (точность, полнота, F1-мера)	Программирование и документирование кода, работа с данными (Pandas, NumPy), применение базовых алгоритмов ML

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Профессиональные знания, умения и навыки исследователя машинного обучения

Знания	Умения	Навыки
Линейная алгебра, математический анализ, статистика и теория вероятности. Python, R, Java, SQL. Библиотеки и фреймворки: Keras, PyTorch, Scikit-learn, TensorFlow. Основные алгоритмы: регрессия, классификация и кластеризация. Глубокое обучение	Способность проводить разведочный анализ данных (EDA), выявлять закономерности и аномалии в наборах данных. Оценивать данные и результаты экспериментов, формулировать гипотезы и проверять их	Выбирать подходящий алгоритм в зависимости от задачи. Писать статьи и отчеты по результатам исследований для публикации в научных журналах, объяснение сложных концепций как техническим, так и нетехническим аудиториям, непрерывное обучение

Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Профессиональные знания, умения и навыки инженера по данным

Знания	Умения	Навыки
Теория баз данных, реляционные и нереляционные системы управления базами данных. Принципы работы с большими объемами данных и использование инструментов для их обработки, таких как Hadoop, Spark и Kafka, основные облачные платформы (AWS, Google Cloud, Azure), языки программирования: Python, Java или Scala. Знание инструментов бизнес-аналитики (например, Tableau или Power BI). Понимание основных принципов машинного обучения для эффективного взаимодействия с data scientists	Строить ETL-процессы (процессы извлечения, преобразования и загрузки данных), уметь разрабатывать архитектуру для хранения и обработки данных в облаке, анализировать системы на предмет их производительности и вносить изменения для улучшения работы	Работать с большими данными (Hadoop, Spark), эффективно общаться и объяснять сложные технические концепции, быть внимательным к деталям для предотвращения ошибок в процессе обработки информации.

Источник: составлено авторами.

Таблица 4

Профессиональные знания, умения и навыки аналитика данных

Знания	Умения	Навыки
Математическая статистика, теория вероятностей и линейная алгебра реляционных и нереляционных баз данных, SQL для выполнения запросов, основы программирования: Python или R	Представлять данные в понятной форме через графики и диаграммы, оценивать достоверность данных и выявлять возможные источники ошибок, использовать разнообразные методы анализа данных	Эффективно сотрудничать со специалистами различных направлений (маркетологами, разработчиками и т.д.). Объяснять сложные концепции простыми словами, понятными даже нетехническим специалистам

Источник: составлено авторами.

К общим компетенциям (так называемым soft skills) относятся работа в команде, эффективное взаимодействие со специалистами других направлений, умение четко формулировать вопросы, а также навык работы с англоязычными источниками [12, 13].

Чтобы подготовить специалиста в области машинного обучения, необходимо создать структурированный план обучения, который охватывает теоретические и практические аспекты [14, 15].

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве основного результата исследования авторами предложен рассмотренный выше план по базовой подготовке специалистов в области ML, который может служить основой будущей специализации в одном из более узких направлений. В плане для каждой темы указан минимальный набор аудиторных часов, необходимый для ее усвоения.

Таблица 5

Профессиональные знания, умения и навыки архитектора машинного обучения

Знания	Умения	Навыки
Линейная алгебра, теория вероятностей и математическая статистика, методы оптимизации. Уверенное владение Python и R, Java или C++. Основные алгоритмы: регрессия, классификация и кластеризация. Знание методов глубокого обучения и нейронных сетей, включая сверточные и рекуррентные сети. Знание принципов DevOps	Работа с библиотеками, такими как TensorFlow, Keras, PyTorch и scikit-learn, необходим для реализации алгоритмов машинного обучения. Проводить исследовательский анализ данных (EDA) для выявления закономерностей и подготовки данных к обучению моделей. Проектировать архитектуру системы машинного обучения, включая выбор подходящих инструментов и технологий для решения конкретных задач принимать решения о технологиях и инфраструктуре. Анализировать бизнес-требования и разрабатывать стратегии внедрения решений на основе машинного обучения анализировать большие объемы информации и делать выводы на основе полученных данных. Находить инновационные решения для сложных задач	Работать с большими данными (Big Data) и распределенными системами обработки данных (например, Hadoop, Spark), визуализации данных с помощью инструментов Matplotlib или Seaborn. Проектировать сложные системы и архитектуры. Ясно и доступно объяснять сложные технические концепции как техническим, так и нетехническим специалистам

Источник: составлено авторами.

Таблица 6

Профессиональные знания, умения и навыки специалиста по развертыванию и эксплуатации ML

Знания	Умения	Навыки
Глубокое понимание линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики. Уверенное владение Python и сопутствующими библиотеками, возможно знание R и Java. Знание современных методов и алгоритмов ML, глубокого обучения и нейросетей	Уметь интегрировать обученные модели в производственные системы и обеспечивать их стабильную работу. Отслеживать их производительность и вносить коррективы для повышения эффективности. Оптимизировать гиперпараметры и обновлять модели на основе новых данных	Четко формулировать задачи и представлять результаты своей работы. Постоянное обучение и адаптация к новым инструментам и методам

Источник: составлено авторами.

Таблица 7

Тематический план для курсов дополнительного профессионального образования «Анализ данных и машинное обучение»

Тема	Часы
<i>Основы программирования на Python</i>	
Знакомство с Python: история и области применения языка, установка и настройка среды разработки, первая программа	2
Основы синтаксиса: переменные и типы данных, арифметические и логические операторы, ввод и вывод данных	2
Условные конструкции: оператор if, elif, else, вложенные условия	4
Циклы: циклы for и while, операторы break и continue, вложенные циклы	6
Структуры данных: операции со списками, индексация, кортежи и множества	8
Функции и модули: определение и вызов функций, аргументы и возвращаемые значения, значения по умолчанию, именованные аргументы, локальные и глобальные переменные, рекурсия	6
Модули и библиотеки: импорт модулей, стандартные и сторонние библиотеки, работа с pip	2
Введение в объектно-ориентированное программирование: классы и объекты, атрибуты и методы	4
<i>Элементы высшей математики и основы теории вероятности</i>	
Математический анализ – основные разделы. Функции и последовательности, их пределы: понятие и основные способы нахождения	4
Производные и их свойства. Теоремы о производных	2

Окончание табл. 7

Тема	Часы
Интегральное исчисление: неопределенный интеграл как действие, обратное нахождению производной; его свойства	2
Основные способы вычисления неопределенных интегралов. Вычисление интегралов от тригонометрических и иррациональных функций; интегрирование рациональных дробей.	4
Определенный интеграл – свойства и вычисление. Приложения: вычисление площадей, длин дуг, объемов тел вращения и т.д.	2
Линейная алгебра. Алгебра матриц. Решение систем линейных уравнений: метод Гаусса, метод Крамера, матричный метод	4
Ряды, их свойства и приложения	4
Теория вероятностей: основные формулы и теоремы теории вероятностей. Комбинаторика.	4
Случайные величины: свойства и характеристики. Распределения СВ	2
Основные распределения дискретных СВ: Бернулли, геометрическое, Пуассона; их числовые характеристики	2
Непрерывные СВ: их свойства. Равномерное и нормальное распределения, их основные характеристики.	2
Ковариация и корреляция СВ. Метод наименьших квадратов. Метод наибольшего правдоподобия	2
Статистические гипотезы и их проверка	2
Интервальные и точечные оценки параметров	2
<i>Введение в машинное обучение</i>	
Машинное обучение, его виды (обучение с учителем, без учителя и обучение с подкреплением)	4
Базовые алгоритмы: линейная регрессия, логистическая регрессия, деревья решений	4
<i>Работа с данными</i>	
Сбор и предобработка данных: изучение методов очистки данных и работы с пропущенными значениями	4
Визуализация данных: использование библиотек Matplotlib и Seaborn для визуализации данных	4
<i>Алгоритмы машинного обучения</i>	
Обучение с учителем: глубокое изучение алгоритмов классификации (например, SVM, KNN) и регрессии.	6
Обучение без учителя: Кластеризация (K-means, иерархическая кластеризация) и методы понижения размерности (PCA).	6
<i>Углубленное изучение нейронных сетей</i>	
Основы нейронных сетей: изучение архитектуры нейронных сетей и их применения	2
Типы и архитектуры нейронных сетей: однослойные и многослойные ИНС, персептрон, многослойные сети с прямыми связями, теорема Арнольда – Колмогорова, результаты Хехт-Нильсена, процедура обратного распространения ошибки (Backpropagation)	6
Методы обучения нейронных сетей: обучение с учителем и без учителя, метод обучения Хэбба, алгоритм обучения Кохонена, алгоритмы обучения Хопфилда и Хэмминга	6
Глубокое обучение: работа с библиотеками TensorFlow и PyTorch для построения глубоких нейронных сетей	4
Регуляризация и борьба с переобучением	2
Применение современных фреймворков (PyTorch, TensorFlow, Keras)	4
Примеры архитектур: CNN, RNN, GAN	4
Использование предобученных моделей	4
<i>Специализированные темы</i>	
Обработка естественного языка (NLP): изучение методов обработки текстовых данных	4
Компьютерное зрение: основы работы с изображениями и видео	4
<i>Практические проекты</i>	
Предсказание цен на жилье: построение модели регрессии для оценки стоимости недвижимости на основе характеристик объектов	4
Классификация изображений (например, рукописных цифр MNIST или болезней растений по фото). Использование сверточных нейронных сетей для распознавания объектов на изображениях	4
Система рекомендаций. Разработка рекомендательной системы для фильмов, музыки или товаров на основе пользовательских предпочтений	4
Итоговый проект	8

Курс рассчитан на 10 учебных месяцев, 160 ч и планируется к внедрению в 2025–2026 учебном году. Курс сопровождается полным методическим обеспечением.

В настоящее время авторами был проведен опрос среди студентов второго и третьего курсов, обучающихся в Волго-Вятском филиале Московского технического университета связи и информатики по специальностям «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Опрос 42 чел. показал, что более половины (60%) из них заинтересованы в обучении на подобных курсах в качестве дополнительного образования с перспективой дальнейшего углубленного изучения по выбранной специализации.

Заключение

В качестве основного результата исследования авторами предложен план базовой подготовки специалистов в области машинного обучения, который может служить фундаментом для дальнейшей специализации в одном из более узких направлений в этой области. Проведенный опрос показывает высокую востребованность предложенной образовательной траектории среди будущих специалистов в области информационных технологий. В дальнейшем авторы планируют внедрить данный курс в качестве факультатива или спецкурса для студентов технических специальностей. Такой подход позволит гибко интегрировать программу в существующую образовательную структуру и адаптировать ее под потребности различных категорий обучающихся. По результатам внедрения курса будет проведен мониторинг успеваемости и анализ распределения студентов по направлениям специализации. Это позволит оценить эффективность предложенной методики и скорректировать программу в соответствии с реальными образовательными запросами и интересами студентов.

Список литературы

1. Шмагин В.С., Маслова М.А. Обзор и анализ развития искусственного интеллекта // Научный результат. Информационные технологии. 2020. Т. 5. № 4. С. 3–8. DOI: 10.18413/2518-1092-2020-5-4-0-1.
2. Осипенко Л.Е., Козицына Ю.В., Коротков А.В. Исследовательское и машинное обучение: от сопоставления к конвергенции // Психолого-педагогические исследования. 2022. Т. 14. № 4. С. 127–146. DOI: 10.17759/psyedu.2022140408.
3. Сорокина Г.П., Долгих Е.А., Першина Т.А. Анализ профессиональных навыков специалистов в сфере искусственного интеллекта // Вестник университета. 2022. № 4. С. 81–89. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-4-81-89.
4. Коротеев М.В. Обзор некоторых современных тенденций в технологии машинного обучения // E-Management. 2018. № 1. С. 26–35. DOI: 10.26425/2658-3445-2018-1-26-35.
5. Гольдберг Й. Нейросетевые методы в обработке естественного языка. М.: ДМК Пресс, 2019. 282 с.
6. Либерман А.И. Решение задачи классификации объектов на изображении методами компьютерного зрения в различных сферах человеческой деятельности // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2024. № 3. С. 74–91. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2024/3/74-91.
7. Бабкина А.А., Андришечкина Н.А. Применение искусственного интеллекта в математике // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. Т. 11–2 (86). С. 178–181. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-11-2-178-181.
8. Михайлова С.С., Гринева Н.С. Разработка модели бинарной классификации на малых данных с использованием методов машинного обучения // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 1. С. 129–140. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-1-129-140.
9. Лютикова Л.А. Применение метода машинного обучения для анализа неполных данных // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 6. С. 139–145. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-139-145.
10. Ендовицкий Д.А., Гайдар К.М. Университетская наука и образование в контексте искусственного интеллекта // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 6. С. 121–131. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-121-131.
11. Абашин В.Г., Хасаншин И.Я., Семенов Д.Н., Круглов В.И., Никитин П.В., Курилева Н.Л. Реализация междисциплинарного подхода в обучении студентов анализу данных и машинному обучению на основе метода проекта // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 10. С. 113–117. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38863> (дата обращения: 24.04.2025). DOI: 10.17513/snt.38863.
12. Рябко Т.В., Гуртов В.А., Степутьев И.С. Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 7. С. 9–24. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24.
13. Harris H., Murphy S., Vaisman M. Analyzing the Analyzers: An Introspective Survey of Data Scientists and Their Work. O'Reilly Media, 2013. ISBN 978-1-4493-6840-1.
14. Дорофеева В.И., Строев С.П., Дорофеев Д.Ю. Преподавание анализа данных и машинного обучения в вузе: обобщение опыта и перспективы // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20. № 1. С. 251–259. DOI: 10.25559/SITITO.020.202401.251-259.
15. Щеголева Л.В., Аверьянов А.О., Гуртов В.А. Источники компетенций для образовательных программ в сфере искусственного интеллекта // Непрерывное образование: XXI век. 2023. Вып. 2 (42). DOI: 10.15393/j5.art.2023.8466.

УДК 37.01:373.5:378.1
DOI 10.17513/snt.40465

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И САМООБРАЗОВАНИЯ У СТАРШЕКЛАССНИКОВ И СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА

Бобкова О.В.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: bobkova7@yandex.ru*

Исследование посвящено проблеме формирования ключевых компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников: оценке уровня их сформированности и его влиянию в дальнейшем на качество учебного труда выпускников, ставших студентами вуза. Автором делается предположение о том, что трудности адаптации значительной части первокурсников к современному процессу профессиональной подготовки, ориентированному на высокий уровень самостоятельности и готовности к непрерывному самообразованию, обусловлены недостаточной мотивацией и несформированностью соответствующих практических навыков на предшествующем уровне обучения. Цель статьи – обосновать необходимость и определить возможные направления совершенствования научно-методического обеспечения работы по формированию компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у школьников. Автором приводится описание организации и результатов констатирующего эксперимента, направленного на изучение уровня сформированности компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников общеобразовательной школы и студентов-первокурсников. Для получения данных использовались «Методика диагностики способностей к самообразованию и саморазвитию» (автор – В.И. Андреев) и анкета «Определение уровня развития компетенции самообразования», разработанная Л.А. Альковой. Сравнительный анализ полученных данных подтверждает предположение, что слабая готовность значительной части студентов к самостоятельной постановке личностных и профессиональных целей самообразования, выбору форм и методов их реализации, а также к практическому решению творческих учебно-познавательных задач обусловлена недостаточной системностью процесса формирования соответствующих компетенций на этапе школьной подготовки. Итогом обсуждения становится вывод автора о необходимости совершенствования существующей модели формирования мотивационного, когнитивного и рефлексивного компонентов компетенции посредством применения метода создания проблемных ситуаций и использования метода проектов.

Ключевые слова: компетенции самостоятельной познавательной деятельности и самообразования, старшеклассники, студенты

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева») по теме «Научно-методическое обеспечение познавательного и речевого развития детей в условиях инклюзивной практики».

STUDY OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF COMPETENCES OF INDEPENDENT COGNITIVE ACTIVITIES AND SELF-EDUCATION IN HIGH SCHOOL STUDENTS AND UNDERGRADUATE STUDENTS

Bobkova O.V.

*Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseiev,
Saransk, e-mail: bobkova7@yandex.ru*

The study is devoted to the problem of developing key competencies of independent cognitive activity and self-education in high school students: assessing the level of their development and its future impact on the quality of academic work of graduates who have become university students. The author suggests that the difficulties of adapting a significant portion of first-year students to the modern process of professional training focused on a high level of independence and readiness for continuous self-education are due to insufficient motivation and lack of development of relevant practical skills at the previous level of study. The purpose of the article is to substantiate the need for and identify possible areas for improving the scientific and methodological support for developing competencies of independent cognitive activity and self-education in schoolchildren. The author describes the organization and results of a fact-finding experiment aimed at studying the level of development of competencies of independent cognitive activity and self-education in high school students and first-year students. The following were used to obtain the data: «Methodology for diagnosing abilities for self-education and self-development» (author – V.I. Andreev) and «Questionnaire «Determining the level of development of self-education competence»» developed by L.A. Alkova. A comparative analysis of the obtained data confirms the assumption that the weak readiness of a significant part of students to independently set personal and professional goals of self-education, choose the forms and methods of their implementation, as well as to the practical solution of creative educational and cognitive tasks, is due to the insufficient systematicity of the process of forming the relevant competencies at the stage of school

preparation. The result of the discussion is the author's conclusion on the need to improve the existing model of forming the motivational, cognitive and reflexive components of competence using the method of creating problem situations and using the project method.

Keywords: competencies of independent cognitive activity and self-education, high school students, students

The study was carried out within the framework of a grant for conducting research work in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (South Ural State Humanitarian Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseyev) on the topic "Scientific and methodological support for the cognitive and speech development of children in the context of inclusive practice".

Введение

Специфика жизни и труда в современном обществе, быстрое развитие науки и технологий, высокая динамика социальных процессов обуславливают необходимость формирования у подрастающего поколения соответствующих качеств личности, определяющих успешность решения жизненных задач – активности, способности к самостоятельной постановке целей и планированию действий по их достижению, умения организовывать свою работу и творчески ее выполнять, адекватно оценивать ее результаты.

Непрерывные изменения окружающей жизни требуют готовности не только к постоянному обучению, но также к самообразованию – самостоятельному поиску информации и познавательной деятельности, направленной на усвоение новых знаний и умений, овладение компетенциями.

Компетенции самостоятельной познавательной деятельности и самообразования формируются последовательно в течение всей жизни человека, но базовые умения и навыки должны быть усвоены еще в школе. Именно на этом этапе, по мнению А.В. Баранникова, должна формироваться творческая активность обучающегося, мотивация к самостоятельному приобретению знаний и способность к самоорганизации в условиях современного полиресурсного образования [1].

С точки зрения Н.В. Гречушкиной, самостоятельная учебно-познавательная, проектно-инновационная, поисково-исследовательская и научно-исследовательская деятельность старшеклассников должна быть неотъемлемым компонентом образовательного процесса. Она готовит обучающихся к непрерывному образованию на протяжении всей жизни, способу реализации ими собственного личностного и профессионального потенциала в будущем [2].

В исследованиях А.В. Хуторского способы целеполагания, планирования, реализации намеченного, навыки анализа, рефлексии, самооценки результатов обучения, которыми должны овладеть обучающиеся,

рассматриваются в числе ключевых образовательных компетенций (учебно-познавательные компетенции). По мнению автора, на этапе школьного обучения необходимо формировать креативные навыки продуктивной деятельности: самостоятельного решения учебно-познавательных проблем, действий в нестандартных ситуациях [3].

Дальнейший процесс профессиональной подготовки, по мнению Е.А. Золотниковой и Г.И. Чижаковой, предполагает накопление опыта самостоятельной учебной деятельности и самообразования, постепенное развитие и совершенствование знаний, умений и навыков, составляющих основу компетенций. Следовательно, самообразование становится важнейшим фактором становления специалиста [4].

Е.С. Чеботарева отмечает, что уровень развития самообразовательной компетентности студента обеспечивает его готовность освоить программу высшего образования, а также влияет на профессиональную мобильность выпускника, способного в дальнейшем не только непрерывно повышать квалификацию, но и готового при необходимости изменить сферу профессиональной деятельности [5].

Вместе с тем, как указывают Ю.В. Прилепко и О.Д. Сальникова, проблема формирования компетенции самообразования наиболее остро встает в начальной стадии формирования всех видов образовательной (научно-исследовательской, проектной и т.д.) и профессиональной деятельности студентов [6].

Как отмечают П.В. Замкин, Т.И. Шукшина, Ю.А. Демьяшина, А.В. Дудников, практика обучения студентов первых курсов педагогического вуза показывает, что в процессе выполнения самостоятельных работ, подготовки и реализации проектов исследовательского характера у них нередко выявляется комплекс проблем: недостатки самостоятельного целеполагания; отсутствие планирования, несистематичность реализации самообразовательной деятельности; дефицит умений поиска необходимой информации и работы с ней. Обращает на себя

внимание недостаточный уровень самомотивации и саморегуляции у значительного числа обучающихся, отсутствие саморефлексии [7].

В свою очередь, П.К. Кузьмичева, анализируя результаты проведенного диагностического исследования, отмечает недостаточный уровень сформированности ценностного отношения к самообразованию у выпускников педагогического вуза, что свидетельствует о том, что проблемы овладения компетенциями самостоятельной познавательной деятельности и самообразования не преодолеваются полностью в процессе профессиональной подготовки. Это является основанием для дальнейшего совершенствования организационно-педагогических условий их формирования [8].

По данным И.Б. Буяновой, С.Н. Горшениной, Ж.А. Каско, И.А. Неясовой, Л.А. Сериковой, для многих первокурсников проблемой является интеграция знаний из разных научных областей и их творческое применение в процессе выполнения нестандартных учебных заданий профессиональной направленности. Это свидетельствует о том, что сложившаяся практика обучения в классах не решает полностью задачи формирования у школьников базовых навыков самостоятельной познавательной деятельности, недостаточно мотивирует их к самообразованию [9].

Таким образом, возникает ряд противоречий:

- между требованиями общества к уровню сформированности компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования старшеклассников и ограниченностью соответствующего научно-методического обеспечения образовательного процесса;

- между современными требованиями системы профессионального образования к качеству компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования выпускников школы, необходимо для обеспечения преемственности в обучении, и демонстрируемым студентами реальным уровнем их сформированности.

Наличие указанных противоречий является свидетельством актуальности проблемы совершенствования научно-методического обеспечения работы по формированию компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у школьников и обеспечения ее преемственности на этапе профессиональной подготовки.

Цель исследования – выявить уровень сформированности компетенций самостоятельной познавательной деятельности

и самообразования у старшеклассников общеобразовательной школы и студентов-первокурсников; на основе сравнительного анализа полученных показателей выявить имеющиеся дефициты на разных уровнях подготовки и взаимосвязь между ними, обосновать необходимость и определить возможные направления совершенствования научно-методического обеспечения работы по формированию указанных компетенций.

Материалы и методы исследования

С целью выявления уровня сформированности элементов компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников общеобразовательной школы и студентов-первокурсников автором было проведено экспериментальное исследование, включавшее два этапа:

- этап 1: исследование уровня сформированности компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников на базе МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 10» г. о. Саранск (апрель 2023–2024 учебного года);

- этап 2: исследование уровня развития компетенции самообразования у студентов-первокурсников на базе факультета психологии и дефектологии ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет им. М.Е. Евсевьева» г. Саранска (март 2024–2025 учебного года).

На первом этапе исследования в экспериментальную группу вошел 31 обучающийся 10–11 классов (16 юношей и 15 девушек). При его проведении осуществлялось тестирование с использованием «Методики диагностики способностей к самообразованию и саморазвитию» (автор – В.И. Андреев) [10, с. 433]. Ответы испытуемых на вопросы методики соответствуют количеству баллов, определяющих уровень выраженности способности к самообразованию и саморазвитию в диапазоне: от «очень низкий уровень» (18–25 б.) до «наивысший уровень» (51–54 б.). Обследование проводилось индивидуально.

Во втором этапе исследования принимали участие 24 студента первого курса в возрасте 18–19 лет (2 юноши и 22 девушки). В число испытуемых были включены как выпускники МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 10» г. Саранска, обследованные в ходе первого этапа экспериментального исследования (3 чел.), так и первокурсники, обучавшиеся ранее в других школах Республики Мордовия и Приволжского федерального округа. Для проведения обследования использовалась ан-

кета «Определение уровня развития компетенции самообразования», разработанная Л.А. Альковой [11, с. 174]. Она направлена на выявление уровня сформированности практического опыта в планировании, организации, реализации самообразовательной деятельности, целеполагании и прогнозировании; выявлении опыта работы с инструментами самообразования. Был проведен прямой опрос в процессе индивидуального очного анкетирования.

Результаты исследования и их обсуждение

М.И. Поднебесова определила самообразовательную компетентность как качество личности, характеризующее способность субъекта к самостоятельной организации познавательной деятельности, которая направляется им на непрерывное саморазвитие (профессиональное и общекультурное) и самосовершенствование [12].

Л.М. Бронникова выделила взаимосвязанные компоненты компетентности самостоятельной познавательной деятельности и самообразования: мотивационно-личностный; когнитивный; информационно-коммуникативный; деятельностный; управленческо-регулятивный [13].

Ключевыми элементами формирования и развития компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у школьников, как отмечают Е.А. Вьюн и В.В. Утёмов, являются поиск и усвоение информации без помощи учителя, ее критический анализ, а также развитие навыков самодисциплины и планирования [14].

В ходе первого этапа исследования автором были получены данные, на основе которых испытуемые (обучающиеся 10–

11 классов) были распределены на группы по уровню способности к саморазвитию и самообразованию (рис. 1).

Качественный анализ полученных результатов показал, что у значительной части старшеклассников недостаточно сформированы умения самоорганизации, ограничена мотивация к самообразованию. Школьники, чьи показатели соответствовали среднему уровню (наиболее многочисленная группа – 48,4%), отмечали недостаточную готовность осуществлять регулярное планирование своей работы на определенный период. Ведение ежедневника, составление планов в большинстве случаев рассматривалось ими как «пустая трата времени». Ни один из отвечавших не указал, что делает что-либо подобное регулярно. Участники исследования, продемонстрировавшие уровень способности к саморазвитию и самообразованию «чуть ниже среднего» (22,5%), признавали, что им трудно «заставить себя» работать в соответствии с намеченной последовательностью действий и не нарушая временных рамок, даже если они были установлены с помощью родителей и педагогов. Они также отмечали, что трудности самоконтроля и неспособность скорректировать свое поведение с учетом важности решаемых самостоятельно учебных задач являются для них одним из наиболее серьезных препятствий в процессе подготовки к контрольным работам и выпускным экзаменам, затрудняют процесс самосовершенствования (например, «У меня мало силы воли и настойчивости. Знаю, что надо найти дополнительный материал и изучить, попробовать решать новые задания, но не могу себя заставить. Прочитаю учебник – и все...»).

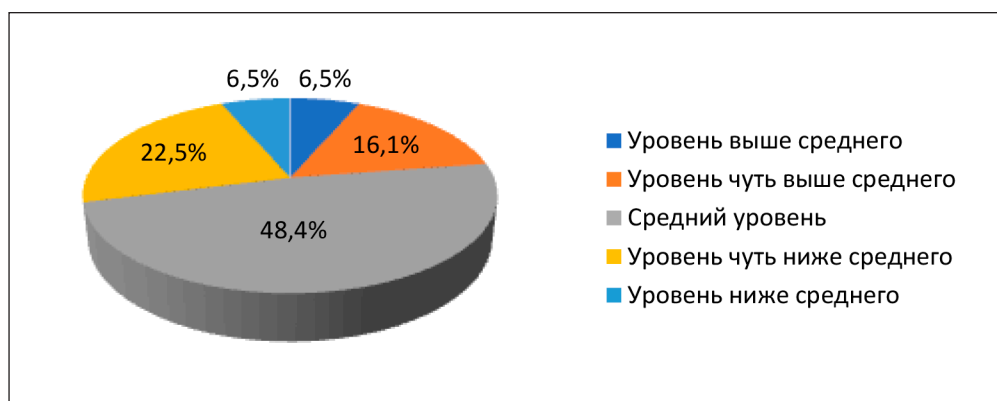


Рис. 1. Распределение старшеклассников экспериментальной группы по уровню способности к саморазвитию и самообразованию («Методика диагностики способностей к самообразованию и саморазвитию») Источник: составлено автором по результатам данного исследования

Особого внимания заслуживает тот факт, что такие характеристики собственной личности, как «целеустремленность», «настойчивость» и «любопытность», в ходе сравнительной самооценки были выбраны только двумя испытуемыми (6,5%). Другие старшеклассники чаще характеризовали себя как «доброжелательных», «преданных и верных друзей», «отзывчивых» и «справедливых», что указывает на сохранение для них приоритета общения как центральной жизненной сферы.

В ходе оценки полученных ответов было выявлено, что саморазвитие и самообразование не имеют высокой личностной значимости для испытуемых и занимают незначительное место в системе ценностей. Так, свободное время большинство из них «предпочитает проводить в общении с друзьями или родными», посвящает его своим увлечениям. При этом в числе любимых занятий лишь трое участников исследования (9,7%) указали чтение. Подтверждением правильности данного вывода является то, что к числу приоритетных для себя значительная часть участников эксперимента не относил принцип «жить, чтобы больше знать и уметь». Предпочтение испытуемые отдавали варианту «живи и наслаждайся жизнью», а в качестве образца для подражания часто выбирался «человек, независимый и уверенный в себе», а не «много знающий и умеющий».

Старшеклассники, чьи способности к саморазвитию и самообразованию были оценены автором как «чуть ниже среднего» и «ниже среднего», чаще указывали на то, что они не знают и не могут точно определить типичные причины собственных ошибок и промахов. При этом они не устанавливают четкой зависимости между собственной настойчивостью и целеустремленностью в самообразовании и достижением академических успехов, способностью к самодисциплине и возможностью добиться в жизни того, о чем они мечтают в профессиональном и личном плане. Об этом свидетельствовал выбор ими ответа «как повезет» на вопрос об их уверенности в способности реализовать жизненные планы.

Результаты исследования также продемонстрировали наличие у некоторой части выпускников пассивной жизненной позиции, преобладающее стремление к получению благ и удовольствий без собственных усилий и отсутствие стремления к самообразованию у отдельных школьников с низким уровнем сформированности указанной способности (6,5%). Подобный вывод обусловлен выбором обучающимися выска-

зываний вида «...купил бы коттедж с бассейном, мебель, шикарную машину и жил бы в свое удовольствие».

Присутствие группы школьников с подобными установками, по-видимому, связано с тем, что продолжение обучения в старших классах было не их собственным выбором, а результатом выполнения родительской установки на получение впоследствии высшего образования из соображений «престижа». Косвенным подтверждением этого служили трудности с выбором варианта ответа и высказывания старшеклассников «...пока не знаю, что хочу делать в будущем», «не хочу себя заставлять» и им подобные.

Анализ результатов первого этапа экспериментального исследования показал, что уровень способности к саморазвитию и самообразованию, в частности мотивационно-личностных и управленческо-регулятивных компонентов – базовых для формирования компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования, достигнутый на этапе школьного обучения, у значительной части испытуемых недостаточен для успешной адаптации к современным требованиям профессиональной подготовки в вузе.

Второй этап экспериментального исследования был направлен на исследование уровня развития компетенции самообразования у бакалавров-первокурсников факультета психологии и дефектологии, обучающихся по профилю «Психология и педагогика инклюзивного образования».

Проектирование модели процесса инклюзивного обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья требует интеграции категориального аппарата и базовых теоретических положений, установленных и развиваемых самостоятельными областями педагогической науки (дошкольная педагогика, специальная педагогика и др.), психологии (общей и специальной), дефектологии. Практическая деятельность педагога в условиях инклюзивного обучения связана с постоянным поиском новых путей решения задач обучения, развития и воспитания лиц с особыми образовательными потребностями. Это обусловлено не только новизной самой области педагогики и наличием комплекса проблем, которые еще не нашли в ней своего научного разрешения, но также тем, что каждый такой обучающийся имеет уникальный набор физических и/или психических нарушений, что затрудняет разработку общих подходов и рекомендаций и требует от специалистов активного поиска индивидуальных способов педагогического воздействия.

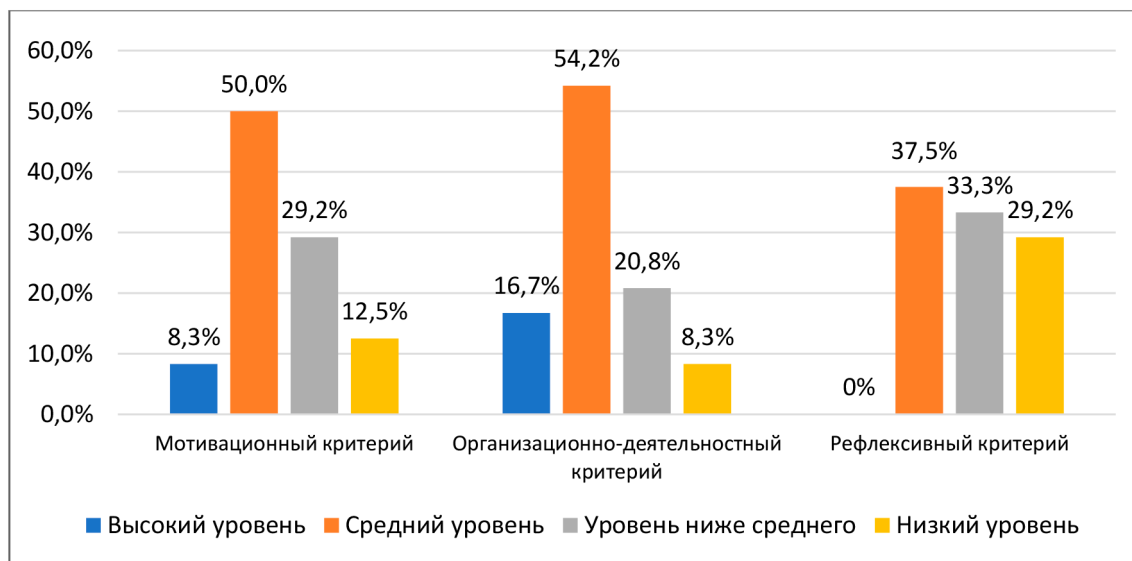


Рис. 2. Уровень сформированности компетенции самообразования у студентов-первокурсников экспериментальной группы (анкета «Определение уровня развития компетенции самообразования»)
Источник: составлено автором по результатам данного исследования

О.Д. Сальникова и Е.А. Бугаева подчеркивают, что формирование компетенции самообразования является важнейшим условием накопления и реализации подобного интегрированного знания и опыта практической деятельности у студентов, обуславливает их субъективное благополучие в новом социальном статусе [15].

Согласно мнению М.Б. Балакаевой, самообразование студентов составляет основу развития профессиональной компетентности: профессионального самосознания, самооценивания своих возможностей в сфере профессиональной деятельности, развитие умений и навыков самостоятельного построения индивидуального образовательного маршрута, принятие непрерывности саморазвития [16].

Количественные результаты, полученные в ходе обследования студентов-первокурсников на втором этапе исследования, представлены в рис. 2.

Анализ полученных данных показал, что большинство обучающихся понимают сущность самообразования как самостоятельной познавательной деятельности и имеют представления о ее характеристиках, определяющих успешность процесса – организованности, целенаправленности и систематичности. Почти половина участников анкетирования считала непрерывное самообразование необходимостью для себя, но связывала потребность в нем с возникновением ситуативных задач.

Характер ответов на вопросы блока, характеризующего развитие компетенций самообразования по мотивационному критерию, показал, что лишь незначительная часть студентов (8,3 %) на начальном этапе обучения рассматривает самообразование как важное условие самореализации в профессиональном отношении. В большей степени испытуемые склонны были видеть в этом качестве наличие высшего образования как такового.

Обучающиеся преимущественно оценивали свою заинтересованность в самообразовательной деятельности как среднюю или ниже среднего: ориентировались на выполнение заданий в рамках освоения программы обучения; отмечали готовность посещать дополнительные образовательные мероприятия по мере необходимости; указывали, что испытывают потребность в поиске нового нечасто, в зависимости от поставленных задач.

В целом уровень развития компетенций самообразования первокурсников по мотивационному критерию был оценен автором как недостаточный для успешного решения задач профессиональной подготовки и становления специалиста, готового к непрерывному самообразованию в дальнейшей карьере.

Оценка результатов обследования по организационно-деятельностному критерию позволила сделать вывод о том, что знания первокурсников о сущности и средствах,

а также о методах и технологиях деятельности самообразования имеют недостаточно системный и глубокий характер. Они в значительной мере обусловлены предшествующим индивидуальным опытом самостоятельного познания для решения ограниченного числа задач, связанных с изучением особо значимых для обучающихся школьных предметов в ходе подготовки к итоговой аттестации и поступлению в вуз.

Ограниченность опыта самообразовательной деятельности (по отзывам участников анкетирования) обусловила относительно невысокую оценку ими собственного опыта в области самостоятельного отбора, обработки и интерпретации информации. Вместе с тем большинство испытуемых отметили достаточно высокий уровень готовности к использованию современных информационных технологий (например, искусственного интеллекта) в работе с ней, что, как полагают авторы, является отражением общей повышенной цифровой компетентности современной молодежи. Именно это позволило оценить уровень развития компетенций самообразования по организационно-деятельностному критерию как средний более чем у половины первокурсников (54,2 %).

Автором было отмечено, что к числу наиболее дефицитных для себя в реализации деятельности самообразования испытуемые относили следующие навыки организационного характера: управления собственным поведением; критической оценки личностных и временных ресурсов, а также рациональности их применения. Их недостаточность также может быть объяснена ограниченностью опыта самоорганизации и самоконтроля в реализации самообразовательной деятельности.

Для первокурсников экспериментальной группы характерна неготовность к рефлексии собственной самообразовательной деятельности. У большей части испытуемых уровень владения данными умениями был оценен как «ниже среднего» и «низкий» (20,8 и 8,3 % соответственно). Участники исследования отмечали, что обычно они «не тратят время» на рефлекссию и оценку самообразовательной деятельности, редко самостоятельно осуществляют ее корректировку даже когда анализ проводится с помощью преподавателей. Это подтверждает, что она не рассматривается первокурсниками как приоритетная и лично значимая.

Недостаточный уровень сформированности компетенций самообразования продемонстрировали как выпускники школы,

обследованные на первом этапе эксперимента, так и те, кто обучался в других школах региона. Подобная ситуация не соответствует современным требованиям к подготовке специалистов системы образования, где непрерывное саморазвитие профессиональных и общекультурных качеств и самосовершенствование определяется как одна из базовых характеристик работника. Тем более она неприемлема для педагогов, которым предстоит трудиться в условиях инклюзивной образовательной практики, которая активно развивается и имеет много нерешенных вопросов, требует от участников процесса большой активности, готовности к постоянным изменениям, самообразованию и саморазвитию.

Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что существующие методы и организация работы по формированию компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников не обеспечивают достижение уровня их сформированности, необходимого выпускнику для успешной адаптации к условиям современной профессиональной подготовки в условиях вуза и трудовой деятельности.

Недостаточное владение базовыми знаниями и умениями, недостаток практического опыта их самостоятельной реализации, неполное осознание их роли в достижении жизненных целей и личностной значимости, отсутствие достаточной мотивации самообразования – негативные характеристики, выявленные у значительной части испытуемых, говорят о недостаточной системности проводимой работы и необходимости совершенствования существующей модели формирования мотивационного, когнитивного и рефлексивного компонентов компетенций.

Сравнительный анализ данных, полученных при обследовании старшеклассников и студентов-первокурсников, указывает на необходимость определить и теоретически обосновать педагогические условия для эффективного формирования компетенций самостоятельной познавательной деятельности и самообразования у старшеклассников. Перспективным представляется совершенствование существующего и дальнейшая разработка научно-методического обеспечения применения метода проектов, в частности, на материале междисциплинарного характера, предполагающих интеграцию знаний из разных научных областей.

Список литературы

1. Баранников А.В. Организационно-учебная работа в современных условиях распределенного образования // История и педагогика естествознания. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-uchebnaya-rabota-v-sovremennyh-usloviyah-raspredeennogo-obrazovaniya> (дата обращения: 15.06.2025). EDN: WZTZRV.
2. Гречушкина Н.В. Формирование готовности старшеклассников к самостоятельной познавательной деятельности как педагогическая задача // Школа будущего. 2021. № 6. С. 62–77. URL: https://schoolfut.ru/article/2021-6_62/ (дата обращения: 15.07.2025).
3. Хуторской А.В. Методологические основания применения компетентностного подхода к проектированию образования // Высшее образование в России. 2017. № 12 (218). С. 85–91. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1228/1047> (дата обращения: 15.07.2025). EDN: ZXJGHJ.
4. Злотникова Е.А., Чижакова Г.И. Становление самообразовательной компетенции как ценности у будущих бакалавров-педагогов в процессе интерактивного обучения // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–8. С. 1768–1773. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=37308> (дата обращения: 15.07.2025).
5. Чеботарева Е.С. Самообразовательная компетентность будущего специалиста как критерий качества его подготовки // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2009. № 1 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samoobrazovatel'naya-kompetentnost-budushchego-spetsialista-kak-kriteriy-kachestva-ego-podgotovki> (дата обращения: 18.07.2025). EDN: JWRFXX.
6. Прилепко Ю.В., Сальникова О.Д. Педагогические условия формирования компетенции самообразования у студентов // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017. № 1 (58). С. 124–128. URL: <https://vestnikskfu.elpub.ru/jour/article/view/630> (дата обращения: 17.07.2025). EDN: YFYJWZ.
7. Замкин П.В., Шукшина Т.И., Демяшкина Ю.А., Дудникова А.В. Результаты диагностики прикладных исследовательских компетенций у студентов педагогических направлений подготовки и педагогов общеобразовательных организаций // Гуманитарные науки и образование. 2023. Т. 14. № 1 (53). С. 26–33. URL: https://mordgpi.ru/upload/iblock/682/Tom-14_-_1_-_yanvar_mart_-_1_.pdf (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.51609/2079-3499_2023_14_01_26.
8. Кузьмичева П.К. Диагностика уровня сформированности ценностного отношения учителя к самообразованию // Гуманитарные науки и образование. 2025. Т. 16. № 1 (61). С. 56–62. URL: https://www.mordgpi.ru/upload/iblock/1e8/Tom-16_-_1_-_yanvar_mart_.pdf (дата обращения: 15.07.2025). DOI: 10.51609/2079-3499_2025_16_01_56.
9. Буянова И.Б., Горшенина С.Н., Каско Ж.А., Неясова И.А., Серикова Л.А. Формирование исследовательской компетентности студентов в процессе изучения педагогических дисциплин // Гуманитарные науки и образование. 2022. Т. 13. № 4 (52). С. 13–18. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_50487572_31197793.pdf (дата обращения: 16.07.2025). DOI: 10.51609/2079-3499_2022_13_04_13.
10. Андреев В.И. Конкурентология. Учебный курс для творческого саморазвития конкурентоспособности. Казань: Центр инновационных технологий, 2013. 468 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://logos-press.ru/docs/konkurent.pdf> (дата обращения: 15.07.2025). ISBN 5-93962-053-4.
11. Алькова Л.А. Научно-педагогические основы формирования самообразовательной компетентности обучающихся: монография / под ред. проф. А.А. Темербековой. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ. 2016. 202 с. [Электронный ресурс]. URL: http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=149:nauchno-pedagogicheskie-osnovy-formirovaniya-samoobrazovatelnoy-kompetentnosti-obuchayushchikhsya-v-sisteme-vysshego-obrazovaniya&catid=19:pedagogy&Itemid=175 (дата обращения: 15.07.2025). ISBN 978-5-91425-127-4.
12. Поднебесова М.И. Система формирования готовности будущих бакалавров машиностроения к самообразовательной деятельности // Самарский научный вестник. 2017. № 6 (1). С. 203–207. URL: <https://snv63.ru/2309-4370/article/view/21672/17912> (дата обращения: 18.07.2025).
13. Бронникова Л.М. Методическая система формирования компетенции самообразования у учащегося средней общеобразовательной школы // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2009. № 1. С. 5–12. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_11720955_57217538.pdf (дата обращения: 18.07.2025). EDN: JWMSXP.
14. Вьюн Е.А., Утёмов В.В. Развитие самообразовательной компетенции школьников // Современные образовательные практики в студенческих исследованиях. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-samoobrazovatelnoy-kompetentsii-shkolnikov> (дата обращения: 16.07.2025). DOI: 10.24412/cl-37132-2023-1-178-182.
15. Сальникова О.Д., Бугаева Е.А. Корреляция показателей состояния субъективного благополучия и уровня развития компетенции самообразования // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2021. № 6 (87). С. 215–222. URL: <https://vestnikskfu.elpub.ru/jour/article/view/245/245> (дата обращения: 17.05.2025). DOI: 10.37493/2307-907X.2021.6.26.
16. Балакаева М.Б. Транспрофессиональная подготовка как условие формирования мобильности выпускников вуза // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2023. Т. 15. № 3 (61). С. 138–146. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transprofessionalnaya-podgotovka-kak-uslovie-formirovaniya-mobilnosti-vypusknikov-vuza?ysclid=mejghvqmgil18356852> (дата обращения: 16.06.2025).

УДК 378.14

DOI 10.17513/snt.40466

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ХИМИИ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ

Гильманшина С.И., Миннахметова В.А., Эсенова О.

ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет», Казань,

e-mail: gilmanshina@yandex.ru

В статье исследуется персонализированное обучение в системе высшего педагогического образования, направленное на формирование профессиональной компетенции у студентов – будущих учителей химии в современных условиях. Цель исследования: выявить и экспериментально проверить педагогические условия персонализированного обучения студентов – будущих учителей химии на примере учебной дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии». В данном исследовании систематизирующим служит персонализированный подход, дополненный компетентностным и личностно ориентированным подходами. Уточнены принципы персонализированного обучения. Выявлены педагогические условия персонализированного обучения студентов в профессиональной подготовке будущих учителей химии на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии». Это создание персонализированной образовательной среды; обучение решению практико-ориентированных педагогических кейсов и исследовательских заданий; организация деятельности студентов по освоению учебной дисциплины через микромодули с вариативными образовательными траекториями. Конкретизированы содержательный, технологический и методический, оценочный компоненты персонализированного обучения на примере выбранной учебной дисциплины. Содержательно персонализированное обучение позволяет, сохраняя инвариантное ядро учебной дисциплины образовательной программы, средствами вариативной части дисциплины, где имеют место тематические микромодули (с профессионально ориентированными кейсами и индивидуальными исследовательскими проектами с цифровыми компонентами), содействовать формированию персонализированной образовательной среды. Более того, за счет вариативной части дисциплины может быть адаптирована с учетом специфики профиля магистерской программы и образовательных потребностей студентов. В результате апробации выявленных педагогических условий у студентов экспериментальной группы установлен существенный рост по всем показателям сформированности профессиональной компетенции – способности разрабатывать и применять современные технологии, методики, приемы обучения и организации образовательной деятельности, диагностики и оценивания качества образования в области обучения химии.

Ключевые слова: обучение, персонализация, образовательная среда, подготовка учителей, химическое образование

PERSONALISED TRAINING OF STUDENTS – FUTURE CHEMISTRY TEACHERS USING THE EXAMPLE OF A DISCIPLINE OF THE MASTER'S PROGRAM

Gilmanshina S.I., Minnakhmetova V.A., Esenova O.

Kazan Federal University, Kazan, e-mail: gilmanshina@yandex.ru

The article examines personalized learning in the system of higher pedagogical education aimed at developing professional competence of students – future chemistry teachers in modern conditions. The objective of the study was to identify and experimentally test the pedagogical conditions for personalized learning of students – future chemistry teachers using the example of the academic discipline “Modern Methods and Technologies of Teaching Chemistry” of the Master’s program “New Approaches in Teaching Chemistry”. In this study, the personalized approach, supplemented by the competence-based and personality-oriented approaches, serves as a systematizing one. The principles of personalized learning are clarified. The pedagogical conditions for personalized learning of students in the professional training of future chemistry teachers are identified using the example of the discipline “Modern Methods and Technologies of Teaching Chemistry” of the Master’s program “New Approaches in Teaching Chemistry”. This is the creation of a personalized educational environment; teaching how to solve practice-oriented pedagogical cases and research assignments; organizing students’ activities to master the academic discipline through micro-modules with variable educational trajectories. The content, technology, methodological and assessment components of personalized learning are specified using the example of the selected academic discipline. Content-based personalized learning allows, while maintaining the invariant core of the academic discipline of the educational program, by means of the variable part of the discipline, where thematic micro-modules (with professionally oriented cases and individual research projects with digital components) take place, to promote the formation of a personalized educational environment. Moreover, due to the variable part, the discipline can be adapted taking into account the specifics of the master’s program profile and the educational needs of students. As a result of testing the identified pedagogical conditions, students of the experimental group showed a significant increase in all indicators of the formation of professional competence – the ability to develop and apply modern technologies, methods, teaching techniques and organization of educational activities, diagnostics and assessment of the quality of education in the field of teaching chemistry.

Keywords: learning, personalization, educational environment, teacher training, chemistry education

Введение

Современная система высшего образования сталкивается с необходимостью пересмотра традиционных подходов к организации образовательного процесса [1]. Требования федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО), запросы работодателей и самих обучающихся актуализируют проблему разработки результативных моделей персонализированного обучения. Особую значимость эта проблема приобретает в контексте подготовки педагогических кадров, включая учителей химии, где важно обеспечить стабильное формирование предметных знаний и профессиональных компетенций [2].

Подход персонализированного обучения имеет глубокие историко-педагогические основания, уходящие корнями в идеи индивидуализации обучения и личностно ориентированного обучения [3].

Зарождение идей индивидуализации обучения, согласно истории педагогики и образования (автор Е.А. Князев [4]), можно проследить в философских трудах Я.А. Коменского, Ж.Ж. Руссо, И.Г. Песталоцци [4]. Основы индивидуального подхода в педагогике, как пишут С.П. Ильина и Н.В. Циммерман [5], заложены в работах К. Роджерса, который рассматривал образование как процесс самоактуализации личности [5]. Значительный вклад в развитие теории индивидуального подхода внес Б. Блум, доказавший эффективность адаптивного темпа освоения учебного материала [4]. В то же время, согласно Е.А. Князеву [4] и исследованиям М.А. Сулеймановой и И. Турчиной [6], идеи личностно ориентированного обучения развиты в отечественной педагогической школе и отражены в трудах В.А. Сухомлинского, Е.В. Бондаревской [4], И.С. Якиманской [6].

Особый интерес представляют работы российских исследователей, предлагающих практико-ориентированные модели обучения [7; 8] и реализацию индивидуальных образовательных траекторий в университетах [9], основанные также на идеях личностно ориентированного обучения. Однако статистические данные [10] последних лет свидетельствуют, что менее трети университетов России системно внедряют персонализированный подход в образовательный процесс, что свидетельствует о наличии существенных барьеров – от недостаточной материально-технической оснащенности до консервативности в образовательном процессе [10]. В то же время современные практики персонализации в высшем образовании эволюционируют от классической

индивидуализации к технически обогащенным моделям, сочетающим педагогические традиции с инновациями. Яркими примерами успешной реализации таких моделей служат: система адаптивных онлайн-курсов на платформе «Открытое образование», разработанная в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова [11]; технология цифрового портфолио для проектирования индивидуальных образовательных траекторий, применяемая в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» [12]; а также перспективная модель «Цифрового двойника» студента, внедряемая в Московском физико-техническом институте [13]. Эти примеры наглядно иллюстрируют, как современные высшие учебные учреждения трансформируют образовательный процесс, интегрируя передовые технологические решения с фундаментальными педагогическими принципами.

Следует отметить, что в контексте профессиональной подготовки будущих учителей, в том числе учителей химии, вопросы внедрения и реализации персонализированного обучения остаются недостаточно разработанными как в теоретическом, так и в практическом плане.

Цель исследования – выявить и экспериментально проверить педагогические условия персонализированного обучения студентов – будущих учителей химии на примере учебной дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии».

Материалы и методы исследования

В данном исследовании систематизирующим служит персонализированный подход, который дополнен компетентностным и личностно ориентированным подходами. Методы исследования: теоретико-методологический анализ (анализ научной литературы по вопросу персонализации обучения в профессиональной подготовке будущих учителей (в том числе и учителей химии)); диагностический (интервьюирование студентов – будущих учителей химии для выявления образовательных практико-ориентированных потребностей обучающихся, диагностика учебной мотивации по Т.Д. Дубовицкой); педагогический эксперимент на примере изучения дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии». (Выбор учебной дисциплины для исследования обусловлен ее ключевой ролью в формировании такой профессиональной ком-

петенции, как способность разрабатывать и применять современные методики, технологии, приемы обучения и организации образовательной деятельности, диагностики и оценивания качества образования.)

В экспериментальной части исследования, включающей два цикла линейного педагогического эксперимента, участвовали студенты двух магистерских программ: «Новые подходы в преподавании химии» (экспериментальная группа, ЭГ) и «Химия и методика ее преподавания» (контрольная группа, КГ) – будущие учителя химии, обучающиеся на кафедре химического образования Казанского федерального университета. На предварительном этапе педагогического наблюдения, начиная с 2017 года (шло выявление, уточнение, углубление различных аспектов исследования), участвовало 75 студентов, и 43 студента (23 в ЭГ и 20 в КГ) – в основном экспериментальном исследовании в период с сентября 2022 года по май 2025 года. Основным педагогический эксперимент включал констатирующий, диагностический и контрольный этапы.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ современных педагогических исследований [13-15] свидетельствует о многообразии трактовки «персонализированное обучение». Ранее в наших статьях уже отмечалось [16], что часто понятие «персонализированное обучение» ставят в один синонимический ряд с такими терминами, как «индивидуализация» и «дифференциация». Однако в контексте данного исследования, с учетом специфики современной среды химического образования [17-19], под персонализированным обучением нами понимается целостная система, которая выходит за рамки простой адаптации содержания учебного материала под потребности каждого студента. Для формирования компетенций будущих учителей химии имеет место интеграция гибких форматов обучения (через освоение микромодулей [20]; применение индивидуальных проектных заданий; использование возможностей цифровой среды университета – LMS-системы). При этом предполагается самостоятельное проектирование студентами собственной образовательной траектории с использованием цифровых инструментов.

Исходя из этого, в настоящем исследовании персонализированное обучение включает методологические подходы, принципы и педагогические условия, способствующие формированию персонализированной образовательной среды, осознанному выбору и самостоятельности студентов в ходе

решения профессионально ориентированных кейсов, реализации индивидуальных исследовательских проектов с цифровым компонентом. А цифровизация процесса обучения рассматривается как один из возможных путей, ведущих к персонализации образовательной среды.

В ходе анализа исследований Т.И. Шукшиной и Ж.А. Каско [1], О.А. Ивановой [14], И.Н. Мелитовской [17], а также наших ранее опубликованных работ [16; 18; 19] выявлено, что персонализированное обучение в профессиональной подготовке будущих учителей химии требует применения персонализированного, компетентностного, личностно ориентированного подходов и принципов индивидуализации учебного процесса, активизации познавательной деятельности, гибкости образовательной траектории, практико-ориентированной направленности, интеграции традиционных и цифровых технологий обучения, а также рефлексивности.

Рассмотрим указанные подходы и принципы подробнее на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» учебного плана магистерских программ «Новые подходы в преподавании химии» и «Химия и методика ее преподавания».

Персонализированный подход обеспечивает целенаправленное создание педагогических условий, которые способствуют осознанному выбору и самостоятельности студента для достижения образовательных целей и решения задач, через решение профессионально ориентированных заданий и выполнение индивидуальных исследовательских проектов с цифровым компонентом. Компетентностный подход реализуется через организацию самостоятельной работы студентов над профессионально ориентированными кейсами и индивидуальными исследовательскими проектами с цифровым компонентом в рамках дисциплин учебного плана (в данном случае на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии») с целью формирования необходимых компетенций. Личностно ориентированный подход предполагает реализацию образовательного процесса с учетом результатов диагностики направленности учебной мотивации и анализа профессиональных интересов студентов.

Принцип индивидуализации учебного процесса подразумевает учет профессиональных интересов студентов и персонализированный подбор образовательного контента через тематические микромодули вариативной части изучаемой дисциплины. Например, в случае учебной дисциплины

«Современная методика и технологии обучения химии», это такие микромодули, как «Пропедевтическая деятельность учителя химии», «Преподавание химии в профильных классах», «Преподавание химии в колледже», «Преподавание химии в рамках дополнительного образования».

Принцип активизации познавательной деятельности реализуется на практических занятиях посредством тематических микромодулей, содержащих профессионально ориентированные кейсы и индивидуальные исследовательские проекты с цифровым компонентом.

Принцип гибкости образовательных траекторий основывается на возможности адаптации содержания учебной дисциплины под образовательные запросы обучающихся, с использованием тематических микромодулей; выбор методов и технологий обучения с опорой на зону ближайшего развития каждого обучающегося; индивидуализированное преодоление учебных трудностей.

Принцип практико-ориентированной направленности призван выстраивать образовательный процесс с ориентацией на обучение тем навыкам и умениям, которые актуальны и востребованы в современной среде химического образования через решение соответствующих профессионально ориентированных кейсов и работу над индивидуальными исследовательскими проектами с цифровым компонентом.

Принцип интеграции традиционных и цифровых образовательных технологий обеспечивает содержательное наполнение учебных дисциплин за счет дополнения классических лабораторных работ цифровыми компонентами (например, использование виртуальных лабораторий Labster или цифрового учебно-лабораторного комплекса, оснащенного высокоточными датчиками для измерения физико-химических величин); сочетания кейс-технологий с элементами проблемного и проектного обучения (например, решение профессионально ориентированных заданий, направленных на постановку опыта и разработку видеоинструкции или создание мультимедийной интерактивной презентации); внедрения цифровых инструментов обучения (например, визуализация молекулярных структур), использования возможностей цифровой среды университета (LMS-системы).

Принцип рефлексивности в педагогической модели обучения обеспечивает систематический анализ и осмысление обучающимися собственной образовательной деятельности с помощью разработанных чек-листов. Это позволяет осуществлять самооценку достижений после прохождения каждого тема-

тического мини-модуля учебной дисциплины, корректировать индивидуальную образовательную траекторию и развивать навыки саморефлексии будущего учителя.

Указанные выше подходы и принципы позволили выявить педагогические условия применения персонализированного обучения в профессиональной подготовке будущих учителей химии на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии».

Первым и важнейшим педагогическим условием является создание персонализированной образовательной среды. Это реализуется за счет разработки персонализированных проектов; практико-ориентированных педагогических кейсов; выполнения дифференцированных учебных заданий; самостоятельного выбора студентом своей образовательной траектории обучения (выбор и изучение микромодулей); ведения дневника рефлексии при освоении учебной дисциплины.

Второе педагогическое условие направлено на обучение студентов решению практико-ориентированных педагогических кейсов и исследовательских заданий. Для этого в исследовании был разработан кейс-банк, содержащий ситуативные профессионально ориентированные задачи с методическим обеспечением, включающим пошаговые алгоритмы решения кейсов и четкие критерии его оценивания. Особое внимание необходимо к исследовательским заданиям, в ходе которых студенты разрабатывают фрагменты уроков и проводят небольшое исследование, направленное на определение результативности спроектированной технологии обучения под определенную категорию обучающихся.

Третье условие – организация деятельности студентов по освоению учебной дисциплины посредством микромодулей с вариативными образовательными траекториями. В этом случае студенты получают возможность персонализированной работы с вариативной частью учебной дисциплины. Система поддержки студентов включает рекомендации к изучению каждого микромодуля, универсальные чек-листы для самоконтроля и индивидуальные консультации с преподавателем.

Апробация выявленных педагогических условий проводилась на кафедре химического образования. В качестве критериев результативности педагогических условий персонализированного обучения в формировании профессиональной компетенции студентов (способности разрабатывать и применять современные методики, техно-

логии, приемы обучения и организации образовательной деятельности, диагностики и оценивания качества образования) были выбраны мотивационный (показатель – учебная мотивация, образовательные потребности обучающихся); деятельностный (показатель – способность решать профессионально ориентированные задания); когнитивный (показатель – умение применять современные методики, технологии, приемы обучения).

Учебная мотивация определялась на основе методики по Т.Д. Дубовицкой и интервьюирования студентов, с целью выявления их образовательных практико-ориентированных потребностей; способность решать профессионально ориентированные задания – по результатам выполнения индивидуальных исследовательских работ по разработке фрагментов уроков и определению результативности спроектированной технологии обучения, а также по результатам освоения учебной дисциплины в целом; умение применять современные методики, технологии, приемы обучения – по результатам компетентностных тестов и освоения выбранных микромодулей.

Для проведения педагогического эксперимента, включающего констатирующий, дидактический и контрольный этапы, были сформированы две группы студентов: экспериментальная, где были реализованы выявленные педагогические условия персонализированного обучения (ЭГ), и контрольная (КГ), где изучение учебной дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» продолжалось в традиционном ключе.

На констатирующем этапе была проведена диагностика исходного уровня учебной мотивации обучающихся Т.Д. Дубовицкой, а в ходе интервьюирования студентов определены образовательные потребности обучающихся. В целом результаты диагностики выявили схожий уровень всех показателей как в контрольной, так и в экспериментальной группах. Полученные данные свидетельствуют о сбалансированном распределении показателей между группами, что подтверждается практически идентичными средними значениями по всем диагностируемым параметрам (различия не превышают 5%). Выявлено, что к ключевым запросам студентов относятся: необходимость в навыках адаптации традиционных технологий обучения к цифровой образовательной среде; потребность в освоении современных образовательных технологий для преподавания химии (использование виртуальных и дополненных реальностей в химическом образовании).

В дальнейшем эти запросы были учтены в ходе дидактического этапа экспериментального исследования.

На дидактическом этапе исследования были реализованы выявленные педагогические условия (создание персонализированной образовательной среды; обучение решению практико-ориентированных педагогических кейсов и исследовательских заданий; организация деятельности студентов по освоению учебной дисциплины через микромодули с вариативными образовательными траекториями). Для этого подробнее остановимся на содержательном, технологическом и методическом, оценочном компонентах персонализированного обучения выбранной учебной дисциплине.

Содержательный компонент персонализированного обучения на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» (144 ч.: 10 ч – лекций, 26 ч – практики, 108 ч – самостоятельной работы студентов) отражается инвариантным ядром и вариативной частью учебной дисциплины. Согласно содержанию рабочей программы, инвариантное ядро данной дисциплины содержит три основных раздела: 1) современные методики и технологии преподавания химии в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) в школьном образовании; 2) современные приемы обучения химии в профильных классах школьного химического образования; 3) современные технологии обучения и проектирование педагогических технологий для различных уровней химического образования (школа, колледж, дополнительное химическое образование). Данные разделы подлежат обязательному усвоению в рамках дисциплины. Вариативная часть дисциплины направлена на практическое применение соответствующих технологий, методов, приемов и средств обучения в объеме микромодулей («Преподвеческая деятельность учителя химии», «Преподавание химии в профильных классах», «Преподавание химии в колледже», «Преподавание химии в рамках дополнительного образования»), выбор которых вариативен и составляет основу индивидуального образовательного маршрута студента. Здесь имеет место согласованность содержания учебной дисциплины с возможностями персонализированного обучения в цифровой среде университета (LMS-системы) на лекционных и практических занятиях с учетом самостоятельной работы студентов при решении профессионально ориентированных заданий и выполнении индивидуальных исследовательских проектов с цифровым компонентом.

Кроме того, применены разработанные дифференцированные задания по разработке фрагментов уроков и определению результативности спроектированной технологии обучения; персонализированные исследовательские проекты с цифровым компонентом; кейс-банк ситуативных профессионально ориентированных педагогических задач с методическим обеспечением (алгоритмы решения кейсов, критерии оценивания); микромодули дисциплины с вариативными образовательными маршрутами, которые составляют технологический и методический компоненты персонализированного обучения. Использовалось сочетание традиционных педагогических технологий (проблемного и проектного обучения) и цифровых образовательных технологий (виртуальные и цифровые лаборатории, цифровая визуализация молекулярных структур, возможности цифровой среды университета, LMS-системы).

Оценочный компонент персонализированного обучения в профессиональной подготовке будущих учителей химии содержал комплексную систему оценивания, включающую применение универсальных чек-листов компетенций по каждому из пройденных разделов учебной дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии». Особенность данной системы оценивания – в сочетании внешней оценки со стороны преподавателя и самооценки обучающегося. Результаты оценивания подвергались обсуждению в формате индивидуальной обратной связи, что позволило персонализировать образовательные результаты по трем уровням (базовый, продвинутый и высокий) в соответствии с индивидуальными достижениями каждого студента.

На контрольном этапе экспериментального исследования была проведена повторная комплексная диагностика в соответствии с критериями (мотивационный, деятельностный, когнитивный) и их показателями. В целом установлен существенный рост по всем показателям у обучающихся экспериментальной группы по сравнению с контрольной. Так, на высоком уровне мотивации в экспериментальной группе оказалось 74,8% обучающихся против 58,6% в контрольной группе; по деятельностному показателю на высоком уровне, соответственно, 70,3% и 63,5%; по когнитивному показателю – 89,2% и 64,6% обучающихся экспериментальной и контрольной групп соответствовали высокому уровню.

Заключение

Персонализированное обучение включает методологические подходы, принципы

и педагогические условия, способствующие формированию персонализированной образовательной среды, осознанному выбору и самостоятельности студентов в ходе решения профессионально ориентированных кейсов, реализации индивидуальных исследовательских проектов с цифровым компонентом. А цифровизация процесса обучения рассматривается как один из возможных путей, ведущих к персонализации образовательной среды.

Персонализированное обучение в профессиональной подготовке будущих учителей химии требует применения персонализированного, компетентностного, личностно ориентированного подходов и принципов индивидуализации учебного процесса, активизации познавательной деятельности, гибкости образовательной траектории, практико-ориентированной направленности, интеграции традиционных и цифровых технологий обучения, а также рефлексивности.

Выявлены педагогические условия персонализированного обучения студентов в профессиональной подготовке будущих учителей химии на примере дисциплины «Современная методика и технологии обучения химии» магистерской программы «Новые подходы в преподавании химии». Это создание персонализированной образовательной среды; обучение решению практико-ориентированных педагогических кейсов и исследовательских заданий; организация деятельности студентов по освоению учебной дисциплины через микромодули с вариативными образовательными траекториями.

Конкретизированы содержательный, технологический и методический, оценочный компоненты персонализированного обучения на примере выбранной учебной дисциплины.

Содержательно персонализированное обучение позволяет сохранить инвариантное ядро учебных дисциплин образовательной программы. Вариативная часть дисциплин, содержащая тематические микромодули (с профессионально ориентированными кейсами и индивидуальными исследовательскими проектами с цифровым компонентом), направлена на формирование персонализированной образовательной среды и может быть адаптирована с учетом специфики профиля магистерской программы и образовательных потребностей студентов. Данное обстоятельство делает персонализированное обучение достаточно востребованным инструментом модернизации университетского образования в современных условиях.

В ходе экспериментального исследования в результате реализации выявленных педагогических условий установлен суще-

ственный рост по всем показателям (учебная мотивация, образовательные потребности; способность решать профессионально ориентированные задания; умение применять современные методики, технологии, приемы обучения) сформированности профессиональной компетенции у студентов экспериментальной группы по сравнению с контрольной. Это свидетельствует о повышении способности студентов – будущих учителей химии разрабатывать и применять современные технологии, методики, приемы обучения и организации образовательной деятельности, диагностики и оценивания качества образования в области обучения химии.

Полученные результаты подчеркивают перспективность дальнейшего изучения возможностей и внедрения персонализированного обучения в образовательную практику профессиональной подготовки студентов.

Список литературы

1. Шукшина Т.И., Каско Ж.А. Использование адаптивного обучения в условиях цифровизации высшего педагогического образования // Концепт. 2024. № 11. С. 34-48. URL: <https://e-koncept.ru/2024/241176.htm>. DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11176 (дата обращения: 09.06.2025).
2. Гильманшина С.И., Миннахметова В.А., Гордеева К.А. Формирование у студентов-будущих учителей общепрофессиональной компетенции (ОПК-8) в цифровой среде // Казанский педагогический журнал. 2023. № 1 (156). С. 68-75. DOI: 10.51379/KPJ.2023.158.1.006.
3. Абалян Ж.А. Персонализированный подход в обучении. Ретроспективный анализ и обзор современных определений // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 1 (104). С. 249-252. DOI: 10.24412/1991-5497-2024-1104-249-252.
4. Князев Е.А. История педагогики и образования: учебник и практикум для вузов. Москва: Юрайт, 2025. 505 с. ISBN 978-5-534-02881-2.
5. Ильина С.П., Циммерман Н.В. Развитие идеи индивидуализации образования как историческая предпосылка персонализированного обучения // Человек и образование. 2020. Выпуск 4 (65). С. 57-63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-idei-individualizatsii-obrazovaniya-kak-istoricheskaya-predposylka-personalizirovannogo-obucheniya> (дата обращения: 02.06.2025).
6. Сулейманова М.А., Турчина И. Концепции личностно-ориентированного обучения в педагогической системе // Консолидация интеллектуальных ресурсов как фундамент развития современной науки: сборник статей VII Международной научно-практической конференции (Петрозаводск, 22 ноября 2021 года). Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. С. 97-101. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47235900> (дата обращения: 09.06.2025).
7. Ермаков Д.С., Кириллов П.Н. Персонализированная модель в «цифре» // Образовательная политика. 2019. № 3 (79). С. 132-141. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/personalizirovannaya-model-v-tsifre> (дата обращения: 02.06.2025).
8. Ксенофонтова А.Н., Леденева А.В. Концепция проектирования персональной образовательной среды // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 8 (196). С. 27-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-proektirovaniya-personalnoy-obrazovatelnoy-sredy> (дата обращения: 02.06.2025).
9. Массарова Е.О., Гильманшина С.И. Технология индивидуальных образовательных маршрутов в системе «лицей-университет» // Казанский педагогический журнал. 2021. № 4 (147). С. 175-180. DOI: 10.51379/KPJ.2021.148.4.023.
10. Подкопаев О.А. Тенденции, перспективы и инновации цифровой трансформации высшего образования // Информационно-образовательная и социокультурная среда вуза: современные проблемы и перспективы развития: Материалы XLVIII Внутривузовской научно-методической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников СГИК, посвященной 50-летию Самарского государственного института культуры, Самара, 04 февраля 2021 года. – Самара: Самарский государственный институт культуры, 2021. С. 119-121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47178861> (дата обращения: 02.06.2025).
11. Еникеева С.Д. Высшее образование и сфера труда в цифровой экономике: новый механизм взаимодействия // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2021. № 4. С. 202-217. DOI: 10.38050/013001052021410.
12. Ефимова Е.А. Формирование новейших отраслей экономики: мировые тенденции и положение в России // Государственное управление. Электронный вестник. 2023. № 98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-noveysshiih-otrasley-ekonomiki-mirovyie-tendentsii-i-polozhenie-v-rossii> (дата обращения: 09.06.2025). DOI: 10.24412/2070-1381-2023-98-7-20.
13. Сысоев П.В. Персонализированное обучение на основе технологий искусственного интеллекта: насколько готовы современные студенты к новым возможностям получения образования // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. № 2. С. 51-71. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-2-51-71.
14. Иванова О.А. Элементы персонализации в системе обучения студентов российских и зарубежных вузов // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2024. Т. 13, № 3. С. 28-32. DOI: 10.24412/2225-8264-2024-3-835.
15. Александрова Н.В. Фасилитация в вузовском обучении как инструмент реализации компетентностного подхода // Мир науки, культуры, образования. 2025. № 2 (111). С. 22-25. DOI: 10.24412/1991-5497-2025-2111-22-25.
16. Миннахметова В.А. Персонализированный подход в подготовке будущего учителя химии // IX Андреевские чтения: современные концепции и технологии творческого саморазвития личности: Сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Казань, 21–22 марта 2024 года). Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. С. 290-294. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F904724536/ACh.2024.pdf#page=291 (дата обращения: 09.06.2025).
17. Мелитовская И.Н. Подготовка будущих педагогов в контексте персонализации высшего химического образования // Традиции и перспективы науки XXI века: материалы X Всероссийской научно-практической (педагогической) конференции (Тамбов, 19 февраля 2021 года). Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2021. С. 43-48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45640013> (дата обращения: 02.06.2025).
18. Гильманшина С.И., Каримова Г.Д., Шакирова Р.Н. Авторские цифровые ресурсы как элементы образовательной среды подготовки учителей химии // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 1. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31435> (дата обращения: 10.06.2025). DOI: 10.17513/spno.31435.
19. Гильманшина С.И., Рахманова А.Р., Миннахметова В.А. Разработка и внедрение цифровых видеоматериалов методического сопровождения химического практикума // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 4. С. 151-155. DOI: 10.17513/snt.39124.
20. Денищева Л.О., Сафуанов Л.О., Семеняченко Ю.А. Возможности обеспечения персонализации образования в вузе // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2022. № 2 (60). С. 72-85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-obespecheniya-personalizatsii-obrazovaniya-v-vuze> (дата обращения: 02.06.2025).

УДК 372.881.111.22
DOI 10.17513/snt.40467

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ С ХУДОЖЕСТВЕННЫМ ТЕКСТОМ

Кизрина Н.Г.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет
имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: kizrinan@mail.ru*

Статья посвящена проблеме развития критического мышления будущих учителей иностранного языка через работу с художественными текстами. Автор обосновывает значимость критического мышления как ключевой компетенции современного педагога, необходимой для профессиональной деятельности в условиях современных образовательных стандартов. На основе анализа отечественных и зарубежных исследований уточняется понятие критического мышления и его основные характеристики. В ходе педагогического эксперимента, проведенного на базе Мордовского государственного педагогического университета, была разработана и апробирована методика развития критического мышления студентов при работе с художественным текстом на иностранном языке, способствующая повышению эффективности иноязычной подготовки будущих педагогов. Методика реализуется через три этапа работы с текстом (мотивационно-ориентировочный, аналитико-интерпретационный и рефлексивно-оценочный) с применением специальных приемов развития критического мышления. Представлены результаты сравнительного анализа уровня развития критического мышления и коммуникативных умений в контрольной и экспериментальной группах до и после внедрения методики. Полученные данные демонстрируют статистически значимый рост показателей в экспериментальной группе. Автор делает вывод об эффективности предложенной методики как средства развития не только критического мышления, но и иноязычных коммуникативных умений. Подчеркивается воспитательный потенциал художественных текстов для формирования коммуникативных умений и ценностных ориентаций будущих педагогов. Данная методика может быть адаптирована для разных уровней языковой подготовки.

Ключевые слова: критическое мышление, иностранный язык, художественный текст

Статья публикуется при поддержке гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов – партнеров по сетевому взаимодействию.

METHODS OF DEVELOPING CRITICAL THINKING OF FUTURE FOREIGN LANGUAGE TEACHERS IN THE PROCESS OF WORKING WITH LITERARY TEXTS

Kizrina N.G.

*Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsevev,
Saransk, e-mail: kizrinan@mail.ru*

The article is devoted to the problem of developing critical thinking of future foreign language teachers through working with literary texts. The author substantiates the importance of critical thinking as a key competence of a modern teacher, which is necessary for professional activity in the conditions of modern educational standards. Based on the analysis of domestic and foreign studies, the concept of critical thinking and its main characteristics are specified. In the course of the pedagogical experiment conducted on the basis of Mordovian State Pedagogical University, a technique for developing students' critical thinking while working with a literary text in a foreign language was developed and tested, which contributes to increasing the effectiveness of foreign language training of future teachers. The technique is implemented through three stages of working with the text (motivational-orienting, analytical-interpretative and reflexive-evaluative) with the use of special techniques for developing critical thinking. The results of a comparative analysis of the level of development of critical thinking and communication skills in the control and experimental groups before and after the implementation of the methodology are presented. The data obtained demonstrate a statistically significant increase in the indicators in the experimental group. The author concludes that the proposed methodology is effective in developing not only critical thinking, but also foreign language communication skills. The article emphasizes the educational potential of literary texts for the formation of communication skills and value orientations in future teachers. This methodology can be adapted for different levels of language proficiency. The article is published with the support of a grant for research work in priority areas of scientific activity at partner universities involved in network interaction.

Keywords: critical thinking, foreign language, literary text

The article is published with the support of a grant for conducting research work in priority areas of scientific activity of universities – partners in network interaction.

Введение

В современных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки «Педагогическое образование» критическое мышление занимает ключевое место, являясь одной из восьми универсальных компетенций, обязательных для всех бакалавров вне зависимости от выбранного профиля обучения. Эта компетенция, обозначенная как УК-1 «Системное и критическое мышление», подразумевает «способность осуществлять поиск, критический анализ, синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач» [1]. Это подчеркивает активную, а не пассивную роль будущего педагога в процессе обучения. Он должен не просто запоминать факты, а уметь их интерпретировать, критически оценивать, сравнивать различные точки зрения и строить собственные обоснованные выводы. Формирование критического мышления – это не просто декларация, а прямое обязательство системы высшего педагогического образования.

Критическое мышление рассматривается сегодня как условие успешного социального и профессионального функционирования, его сформированность является одним из основных требований современных работодателей к сотрудникам [2].

В связи с вышесказанным развитие критического мышления в процессе профессиональной подготовки педагога является сегодня требованием времени и представляет собой широкое поле для исследования.

Э.В. Барбашина, обобщая российские и зарубежные исследования, посвященные изучению критического мышления, указывает на следующие подходы к определению данного понятия [3]:

1. *Философский подход.* Данный подход к критическому мышлению выделяет два ключевых аспекта: идеал мыслящего человека и определение характеристик, которыми он должен обладать, а также направленность на логическое рассуждение. С этой точки зрения, критическое мышление – это рациональный процесс, где техника аргументации и структура мысли играют главную роль.

Так, Дж. Дьюи определял критическое мышление как процесс активного, последовательного и внимательного анализа достоверности убеждений или априорных знаний с опорой на аргументы, которые их подтверждают, и возможные выводы, вытекающие из них [4, с.19].

2. *Когнитивно-психологический подход* рассматривает критическое мышление через призму реального поведения человека, а не идеальных стандартов. В данном

подходе критическое мышление рассматривается как набор конкретных навыков человека (умение анализировать информацию, задавать вопросы и др.), которые проявляются в конкретной ситуации.

Американский психолог Д. Халперн определяет критическое мышление как применение познавательных методов и стратегий для достижения определенного результата и характеризуется осознанностью, логической обоснованностью и четкой направленностью. Исследователь подчеркивает, что такой тип мышления активизируется в процессе решения проблем, анализа информации и ее оценки [5, с. 52].

Согласно концепции Л.С. Выготского, критическое мышление представляет собой сложную умственную деятельность по глубокому осмыслению воспринятой информации, ее интерпретации и комплексной переработки [6].

3. *Педагогический подход* к критическому мышлению отличается практической ориентированностью и опирается на эмпирические данные, накопленные в ходе наблюдений, тестирования и анализа образовательных результатов. Теоретической основой этого подхода служит таксономия Блума (и ее современные интерпретации), которая выделяет шесть уровней когнитивной деятельности: знание, понимание, применение, анализ, синтез, оценка [3].

При этом высшие три уровня (анализ, синтез, оценка) рассматриваются как ключевые компоненты критического мышления и используются в педагогике как основные критерии его сформированности.

Таким образом, в отличие от философского и психолого-когнитивного подходов, педагогический подход делает акцент на измеримых навыках и практическом применении критического мышления в обучении.

И.В. Смирнова на основе анализа работ Д. Клустера называет пять основных признаков критического мышления:

1) самостоятельность, что подразумевает индивидуальный характер критического мышления, но при этом не исключается опора на чужие идеи, которые могут приниматься как собственные;

2) рассмотрение полученной информации как основы для продуцирования новых идей;

3) осознание проблемы и постановка вопросов для ее решения;

4) убедительная аргументация;

5) социальная направленность [7].

Авторы одной из работ выделяют следующие базовые характеристики критического мышления: автономность, гибкость, наблюдательность и настойчивость; го-

товность к самопознанию, метапознанию и планированию [8].

Таким образом, критическое мышление – это сложный рефлексивный процесс познавательной деятельности человека, направленный на восприятие, глубокий анализ и переосмысление полученной информации с целью достижения определенных результатов, и его формирование требует активной умственной деятельности.

Указанные виды познавательной деятельности органично встраиваются в контекст обучения иностранному языку, который по своей природе является междисциплинарной и многофункциональной дисциплиной.

Н.В. Янкина подчеркивает, что обучение иностранному языку предоставляет уникальные возможности для развития критического мышления. Работа с аутентичными текстами, сопоставление культурных и языковых явлений, аргументация своей позиции в дискуссиях на иностранном языке – все эти виды деятельности требуют от обучающихся осмысленного анализа информации, выявления причинно-следственных связей, оценки достоверности источников и формулирования обоснованных суждений [9].

Кроме того, Н.Б. Голубева указывает на то, что развитие критического мышления, в свою очередь, влияет на развитие коммуникативных умений, поскольку предметом речевой деятельности является мысль [10].

Таким образом, в процессе обучения иностранному языку при работе с различного рода информацией у обучающихся формируются навыки критического мышления, которые способствуют более глубокому усвоению языка.

В последнее время появился ряд исследований, посвященных развитию критического мышления в процессе обучения иностранному языку, в том числе при подготовке учителей иностранного языка [11–13], однако среди этих работ практически полностью отсутствуют исследования, посвященные развитию критического мышления в процессе работы с художественным текстом на занятиях по иностранному языку.

Цель исследования – разработка и апробация методики развития критического мышления студентов при работе с художественным текстом на иностранном языке, способствующей повышению эффективности иноязычной подготовки будущих педагогов.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Проанализировать содержание и структуру критического мышления как универсальной компетенции в современных

образовательных стандартах (ФГОС ВО) и определить его роль в профессиональной подготовке будущих учителей иностранного языка.

2. Обосновать и разработать интеграцию технологий развития критического мышления в процесс работы с художественным текстом на занятиях по иностранному языку.

3. Разработать и апробировать методику развития критического мышления студентов при работе с художественным текстом на иностранном языке, а также оценить ее эффективность.

Материалы и методы исследования

Экспериментальное обучение проводилось на базе факультета иностранных языков Мордовского государственного педагогического университета имени М.Е. Евсевьева в течение 2024–2025 учебного года. В исследовании приняли участие студенты четвертого курса направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профиля подготовки «Иностранный язык (английский, немецкий), одна академическая группа, разделенная на две языковые подгруппы. Одна языковая подгруппа являлась экспериментальной (ЭГ), другая – контрольной (КГ).

Основными методами исследования выступали: теоретические (анализ научной литературы по проблеме исследования) и эмпирические (эксперимент, статистический анализ данных). Указанные методы позволили подтвердить эффективность предложенной методики.

Результаты исследования и их обсуждение

Основной целью разработанной методики является развитие критического мышления студентов при работе с иноязычным художественным текстом как необходимого условия овладения иноязычными коммуникативными умениями.

Данная цель конкретизируется в следующих задачах:

1. *Обучающие*: сформировать у студентов систему стратегий анализа и интерпретации иноязычных художественных текстов (лингвистических, стилистических, культурологических); обеспечить освоение лексико-грамматических и дискурсивных средств, необходимых для критического осмысления текста; научить выявлять имплицитные смыслы, авторскую позицию, культурные коды и подтексты в иноязычном художественном тексте.

2. *Практические*: развивать дискурсивные умения студентов на основе прочитанного

текста через анализ, интерпретацию и оценку информации с последующим построением логически связанных высказываний.

3. *Развивающие*: развивать когнитивные навыки критического мышления: анализ, синтез, оценку, аргументацию, логические выводы; стимулировать рефлексию и формировать метакогнитивные навыки при работе с иноязычным художественным текстом.

4. *Воспитательные*: воспитывать уважение к культурному разнообразию через сопоставление национальных картин мира в текстах, формировать мотивацию к самостоятельному чтению и анализу иноязычной литературы, поощрять толерантность и открытость в интерпретации альтернативных точек зрения.

Методологическую основу данной педагогической модели составляют следующие подходы:

1. Коммуникативно-когнитивный подход, который предполагает активизацию речемыслительной деятельности студентов при овладении любым языковым и речевым материалом [14].

2. Системно-деятельностный подход, основная идея которого заключается в организации самостоятельной деятельности обучающихся по созданию и применению отдельных элементов или целой системы знаний.

3. Личностно-ориентированный подход, основанный на создании специальных условий для раскрытия индивидуальных способностей каждого обучающегося и формированию у него субъектного опыта.

4. Лингвокультурологический подход, выражающийся в изучении языковой семантики как отражения культурного опыта народа, при этом предметом изучения являются единицы языка, которые приобрели символическое, образно метафорическое значение в культуре [15, с. 228].

На основе выделенных подходов перечислим ключевые принципы разработанной методики:

1) принцип коммуникативной направленности обучения реализуется при анализе текста через обсуждение, дискуссии, диалоги, а также предполагает формулирование вопросов, ответов и аргументацию своей точки зрения;

2) принцип функциональности акцентирует внимание на практическом применении иностранного языка при анализе и интерпретации художественного текста;

3) принцип когнитивности заключается в применении стратегий критического мышления при работе с иноязычным художественным текстом, включая работу

над содержательным аспектом и языковым оформлением текста;

4) принцип индивидуализации обучения проявляется в учете индивидуальных особенностей студентов, их интересов и способностей при организации работы с текстом;

5) принцип проблемного и развивающего обучения реализуется через формулирование проблемных вопросов к тексту, моделирование проблемных ситуаций, решение которых активизирует критическое мышление студентов;

6) принцип деятельностного характера обучения иностранному языку предполагает активное вовлечение студентов в интерактивные формы работы (ролевые игры, дискуссии, кейс-анализ), где язык усваивается через практическое использование в смоделированных или реальных коммуникативных ситуациях.

Для успешного внедрения методики развития критического мышления через работу с иноязычным художественным текстом необходимо обеспечить следующие организационно-педагогические условия:

I. Тщательный отбор художественных текстов в соответствии со следующими критериями: соответствие тематики текста рабочей программе для определенного этапа обучения; соответствие сложности текста уровню языковой подготовки студентов; наличие языковых средств, представляющих интерес для лингвистического анализа; потенциал текста для критического осмысления; актуальность текстов – соответствие современным глобальным проблемам и интересам студентов, объем текста. С.Ю. Воскресенская называет также такие критерии, как «автор произведения» и «отношение текста к исторической действительности». Автор рекомендует использовать тексты известных авторов и тексты, рассказывающие о событиях, имеющих отношения к истории страны изучаемого языка или к мировой истории [16].

II. Организация работы с художественным текстом в соответствии с технологией развития критического мышления через чтение и письмо, разработанной американскими педагогами Дж. Стиллом, К. Мередитом и Ч. Темплом [17]. Данная технология предполагает последовательное прохождение трех взаимосвязанных этапов:

1. *Мотивационно-ориентировочный этап (Вызов)*. На данном этапе происходит активизация предварительных знаний обучающихся и создается познавательный интерес к предстоящей работе с текстом.

2. *Аналитико-интерпретационный этап (Осмысление)*. Второй этап посвящен де-

тальному изучению текста, раскрытию его смыслов и формированию критического отношения к содержащейся информации.

3. *Рефлексивно-оценочный этап (Рефлексия)*. Заключительная фаза направлена на систематизацию полученных знаний, проведение самоанализа и перенос освоенных навыков в новые учебные ситуации.

III. Использование на каждом из этапов работы с текстом приемов развития критического мышления.

На мотивационно-ориентировочном этапе для активизации и систематизации предварительных знаний могут использоваться: кластеры, таблицы «Верные/неверные утверждения», стратегии «Фишбон» и «Денотатный граф». Эти приемы развивают умение систематизировать информацию и формулировать гипотезы.

На аналитико-интерпретационном этапе могут применяться следующие приемы: «Инсерт», «Чтение с остановками», «Ромашка Блума», таблицы «Плюс – минус – интересно», стратегия «Зигзаг» и др. Они способствуют формированию навыков осознанного чтения, анализа информации и работы с понятиями.

На рефлексивно-оценочном этапе могут быть включены «Эссе», «Сводные таблицы», «Двухрядный круглый стол» и др. Данные методы совершенствуют умения интерпретации информации, рефлексии и аргументации своей позиции.

IV. Обеспечение систематичности работы с художественными текстами.

Данное условие реализуется через:

- регулярное включение художественных текстов в учебный процесс (не менее одного текста в 1–2 недели) с постепенным усложнением их содержания и языковой формы;

- последовательное применение стратегий критического мышления на всех этапах работы с текстом;

- интеграцию текстоориентированной деятельности в различные виды речевой деятельности (аудирование, говорение, письмо);

- создание системы межтекстовых связей через тематические блоки и сравнительный анализ произведений.

В качестве наглядного примера использования описанной методики представим задания к известному рассказу на немецком языке *Das Brot* / «Хлеб» В. Борхерта на каждом из описанных этапов.

Текст соответствует всем обозначенным выше критериям. Задания разработаны для студентов четвертого курса, направление подготовки «Педагогическое образование», профиль подготовки «Иностранный

язык (английский, немецкий)». Уровень сложности заданий соответствует уровню владения языком B2 в соответствии со шкалой CEFR.

I. *Einstieg (Vorwissen aktivieren, Hypothesen bilden) / Введение (активизация знаний, формулировка гипотез)*.

1. Notieren Sie alle Assoziationen zum Titel „Das Brot“. Welche Themen könnten in der Geschichte vorkommen? / Запишите все ассоциации к названию рассказа «Хлеб». Какие темы могут обсуждаться в рассказе?

2. Lesen Sie den ersten Absatz der Geschichte und wählen Sie das richtige Thema für die Geschichte aus / Прочтите первый абзац рассказа и выберите правильную тему для рассказа:

1) Die Geschichte handelt von Hunger;

2) Es geht um ein Ehepaar im Krieg;

3) Brot symbolisiert Schuld.

3. Gruppenarbeit. Zeichnen Sie ein Fishbone-Diagramm (Ursache-Wirkung-Schema) / Групповая работа. Нарисуйте диаграмму «Фишбон» (причинно-следственная схема):

1. „Kopf des Fisches“ (Problemfrage „Warum lügen Menschen aus Liebe?“) / «Голова рыбы» (проблемный вопрос «Почему люди лгут из-за любви?»).

2. „Gräten“ (Ursachen und Folgen): linke Seite (Ursachen, zum Beispiel: den Partner nicht verletzen“; rechte Seite (Folgen, zum Beispiel, *Vertrauensverlust*) / «Кости» (причины и следствия): левая сторона (причины, например: «не ранить партнера»; правая сторона (последствия, например, потеря доверия).

II. *Textanalyse, Detailverständnis / анализ текста, детальное понимание*.

1. Lesen Sie den Text ausführlich und markieren Sie beim Lesen: ✓ – bekannt, + – neu, ? – unklar. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse in der Partnerarbeit! / Внимательно прочитайте текст и во время чтения выделите: ✓ – знакомая информация, + – новая информация, ? – непонятная информация. Сравните Ваши результаты в парах!

2. Erstellen Sie ein Cluster zum Symbol „Brot“ mit Zitaten aus dem Text / Создайте кластер к слову «Хлеб» с цитатами из текста.

3. Beantworten Sie die folgenden Fragen / Ответьте на следующие вопросы:

A. Wissen: Wo und wann spielt die Geschichte? / Формальные знания: Где и когда происходят действия?

B. Verstehen: Warum geht der Mann nachts in die Küche? Erklären Sie, warum die Frau lügt / Понимание: Почему муж идет ночью в кухню? Объясните, почему жена лжет.

C. Anwenden: Wie würden Sie sich an der Stelle der Frau (des Mannes) fühlen? / Приме-

нение: Как бы вы себя чувствовали на месте женщины (мужчины)?

D. Analysieren: Welche Motive haben die Haupthelden? / Осмысление: Какие мотивы были у главных героев?

E. Bewerten: War die Lüge notwendig? Diskutieren Sie Pro und Contra / Оценка: Была ли ложь необходима? Обсудите: за и против.

F. Erschaffen: Spielen Sie einen Dialog am nächsten Morgen / Творческое применение: Инсценируйте диалог «На следующее утро».

III Reflexion / Рефлексия

Teilen Sie ein Blatt Papier in zwei Spalten auf / Разделите лист бумаги на две половины:

1. Linke Spalte (Zitat): Schreiben Sie 3–4 wichtige Zitate aus der Geschichte auf, die Sie zu einer starken Reaktion veranlasst haben / Левый столбец (цитата): запишите 3–4 ключевые цитаты из рассказа, которые Вас особенно впечатлили.

2. Rechte Spalte (Meine Gedanken): Schreiben Sie Ihre Gedanken, Fragen oder Assoziationen zu jedem Zitat auf / Правый столбец (собственные размышления): запишите свои мысли, вопросы или ассоциации, связанные с каждой цитатой.

Verwenden Sie die folgenden Sprachklischees für die rechte Spalte: „Das überrascht mich, weil...“ „Ich verstehe nicht, warum...“ „Das erinnert mich an...“ „Ich frage mich, ob...“ Besprechen Sie Ihre Meinungen in Paaren / Используйте следующие клише: «Я удивлен, так как ...», «Я не понимаю, почему ...», «Это напоминает мне ...», «Я спрашиваю себя, ...». Обсудите Ваши мнения в парах.

2. Schreiben Sie ein alternatives Ende aus der Perspektive des Mannes (5–7 Sätze) / Сочините альтернативное окончание рассказа от лица мужа (5–7 предложений).

Разработанная методика развития критического мышления студентов при работе с иноязычным художественным текстом как необходимого условия овладения иноязычными коммуникативными умениями была апробирована в ходе педагогического эксперимента на базе Мордовского государственного педагогического университета на кафедре иностранных языков и методик обучения. На констатирующем этапе эксперимента была проведена диагностика уровня развития навыков критического мышления и уровня сформированности коммуникативных умений на немецком языке у студентов четвертого курса в экспериментальной (17 студентов) и контрольной (16 студентов) группах.

С целью диагностики уровня сформированности навыков критического мышления был использован тест критического

мышления для взрослых (TKM-17), представленный в исследовании А.А. Вихмана [18]. В данном тесте диагностируются шесть параметров критического мышления: смысловое чтение (обнаружение фактов, гипотез и опровержений), обнаружение аргументов, анализ аргументов, исследование аргументов, оценка противоречий и альтернатив, формулировка выводов. Тест состоит из 17 заданий, каждое из которых оценивается в 1 балл.

Для определения уровня владения коммуникативными умениями на немецком языке студентам был предложен тест, составленный на основе пособия Fit fürs Goethe-Zertifikat B2. Deutschprüfung für Erwachsene авторов Н. Stiebeler, F. Werff [19], включающий четыре задания, контролирующих умения чтения, аудирования, говорения и письма. На контроль умений чтения (глобального, селективного и детализированного) были предложены различные тексты с тестовыми заданиями, по одному из текстов, в котором представлены мнения различных людей об экстремальных видах спорта, нужно было высказать свое отношение к одному из видов спорта, на основе чего контролировались умения говорения в форме монологической речи. В качестве задания на детализированное аудирование было предложено прослушать репортаж молодых людей об их предпочтениях, где жить в городе или в деревне, студентам необходимо было написать эссе-рассуждение на данную тему. Последнее задание было направлено на контроль умений письма. Каждое из заданий оценивалось в 25 баллов.

Формирующий этап эксперимента проводился в течение 2024–2025 учебного года, разработанная методика была апробирована на занятиях по практическому курсу немецкого языка, систематически студентам экспериментальной группы раз в неделю для аудиторной и внеаудиторной работы предлагались художественные тексты с заданиями, описанными выше.

После апробации разработанной методики в экспериментальной и контрольной группах был проведен повторный замер уровня сформированности навыков критического мышления и коммуникативных умений студентов. Для диагностики использовался тот же диагностический инструментарий, что и на констатирующем этапе, только использовались новые тексты для определения уровня коммуникативных умений. Сравнительные результаты средних баллов каждого из диагностируемых критериев констатирующего и контрольного этапов педагогического эксперимента представлены в таблице.

Результаты констатирующего и контрольного этапов педагогического эксперимента

Группа	Констатирующий этап	Контрольный этап	Прирост	Статистическая значимость (P-value)
Критическое мышление				
Контрольная группа (КГ)	7,94	8,47	+0,53	$p > 0,05$ (незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)	7,71	9,71	+2,00	$p < 0,01$ (высокая значимость)
Чтение				
Контрольная группа (КГ)	20,00	20,40	+0,40	$p > 0,05$ (незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)	19,38	21,98	+2,60	$p < 0,05$ (значимо)
Аудирование				
Контрольная группа (КГ)	19,00	19,30	+0,30	$p > 0,05$ (незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)	18,38	20,68	+2,30	$p < 0,05$ (значимо)
Говорение				
Контрольная группа (КГ)	17,13	17,63	+0,50	$p > 0,05$ (незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)	15,88	19,28	+3,10	$p < 0,01$ (высокая значимость)
Письмо				
Контрольная группа (КГ)	15,88	18,78	+0,40	$p > 0,05$ (незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)	16,88	17,28	+2,90	$p < 0,01$ (высокая значимость)

Источник: составлено автором на основе проведенного исследования.

На основе приведенных данных педагогического эксперимента можно сделать вывод об эффективности разработанной методики. Результаты контрольного этапа демонстрируют статистически значимое улучшение всех диагностируемых показателей в экспериментальной группе (ЭГ) по сравнению с контрольной (КГ).

Заключение

Проведенное исследование подтвердило эффективность методики развития критического мышления у будущих учителей иностранного языка посредством работы с художественным текстом. Экспериментальные данные демонстрируют, что систематическое применение стратегий критического анализа, интерпретации и рефлексии при работе с текстом художественной литературы значительно улучшает не только уровень критического мышления, но и коммуникативные умения. Данные результаты подтверждены статистически значимыми различиями между экспериментальной и контрольной группами, где традиционные методы обучения не обеспечили сопоставимого прогресса ($p > 0,05$).

Таким образом, художественный текст, интегрированный в процесс обучения иностранному языку через предложенную методику, выступает как:

– многофункциональный инструмент для развития критического мышления, способствующий формированию навыков смыслового чтения, аналитических навыков, способности к аргументации и рефлексии;

– эффективное средство развития коммуникативных умений, обеспечивающее совершенствование всех видов речевой деятельности (чтения, аудирования, говорения и письма);

– источник лингвокультурологической информации, позволяющий глубже понять менталитет и традиции носителей изучаемого языка.

Предложенная методика не только соответствует современным образовательным стандартам, но и открывает новые возможности для подготовки педагогов, способных к критическому осмыслению информации и эффективной межкультурной коммуникации. Методика может быть адаптирована для разных уровней языковой подготовки.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05. Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2022 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-44-03-05-pedagogicheskoe-obrazovanie-s-dvumya-profilami-podgotovki-125> (дата обращения: 23.06.2025).

2. Тарасова К.В., Орел Е.А. Измерение критического мышления студентов в открытой онлайн-среде: концептуальная рамка и типология заданий // Вопросы образования. 2022. № 3. С. 187–212. URL: <https://vo.hse.ru/issue/view/1120/878> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.17323/1814-9545-2022-3-187-212.
3. Барбашина Э.В. Критическое мышление в системе высшего образования за рубежом // Идеи и идеалы. 2022. Т. 14. № 4. Ч. 1. С. 120–136. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriticheskoe-myshlenie-v-sisteme-vysshego-obrazovaniya-za-rubezhom> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.17212/20750862-2022-14.4.1-120-136.
4. Дьюи Д. Психология и педагогика мышления / Пер. Н.М. Никольской. М.: Юрайт, 2025. 166 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://urait.ru/bcode/567889> (дата обращения: 23.07.2025). ISBN 978-5-534-14265-5.
5. Халперн Д. Психология критического мышления. СПб.: Питер, 2000. 512 с.
6. Якунина Н.А. Критическое мышление: аналитическое осмысление понятия // Гаудеамус. 2019. № 4 (42). С. 21–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriticheskoe-myshlenie-analiticheskoe-osmyslenie-ponyatiya> (дата обращения: 14.06.2025).
7. Смирнова И.В. Понятие критического мышления в современной педагогической науке // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22783> (дата обращения: 23.06.2025).
8. Bogdan S.S., Lashkova L.L., Lukiyanichina E.V. Nurturing the development of critical thinking based on universal cognitive attitudes, strategies and techniques // Science for Education Today, 2019. Vol. 9, Is. 2. P. 37–51. URL: https://www.researchgate.net/publication/332774942_Nurturing_the_development_of_critical_thinking_based_on_universal_cognitive_attitudes_strategies_and_techniques (дата обращения: 23.06.2025).
9. Янкина Н.В. Развитие критического мышления студентов для формирования межкультурной компетентности // Вестник ОГУ. 2021. № 2 (230). URL: <http://vestnik.osu.ru/doc/1226/article/9650/lang/> (дата обращения: 23.06.2025). DOI: 10.25198/1814-6457-230-109.
10. Голубева Н.Б. Развитие критического мышления как важный элемент формирования профессионально-ориентированной иноязычной компетенции // Вестник ГУУ. 2015. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-kriticheskogo-myshleniya-kak-vazhnyy-element-formirovaniya-professionalno-orientirovannoy-inoazychnoy-kompetentsii> (дата обращения: 23.06.2025).
11. Евстропова Н.С., Шайхутдинова Х.А. Развитие критического мышления в процессе самостоятельной работы по английскому языку студентов технического вуза // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2018. № 2. С. 89–100. URL: <https://www.mpfjournal.ru/jour/article/view/1221/1096> (дата обращения: 23.06.2025). DOI: 10.18384/2310-7219-2018-2-89-100.
12. Бароненко Е.А., Райсвих Ю.А., Скоробренко И.А. Практические аспекты формирования критического мышления в процессе обучения иностранным языкам в педагогическом вузе // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2021. № 6 (166). С. 33–50. URL: [http://vestnik-cspu.ru/ru/articles/6%20\(166\)/pedagogicheskie-nauki/prakticheskie-aspekty-formirovaniya-kriticheskogo-myshleniya-v-processe-obucheniya-inostrannym-yazykam-v-pedagogicheskom-vuze.html](http://vestnik-cspu.ru/ru/articles/6%20(166)/pedagogicheskie-nauki/prakticheskie-aspekty-formirovaniya-kriticheskogo-myshleniya-v-processe-obucheniya-inostrannym-yazykam-v-pedagogicheskom-vuze.html) (дата обращения: 23.06.2025). DOI: 10.25588/CSPU.2021.166.6.003.
13. Евстигнеева И.А., Порошин В.В. Развитие критического мышления студентов языкового вуза в процессе обучения аудированию на английском языке // Вестник ТГУ. 2021. № 191. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-kriticheskogo-myshleniya-studentov-yazykovogo-vuza-v-protsesse-obucheniya-audirovaniyu-na-angliyskom-yazyke> (дата обращения: 23.06.2025). DOI: 10.20310/1810-0201-2021-26-191-24-31.
14. Пальмова Е.А. Коммуникативно-когнитивный подход в обучении грамматике иностранного языка в вузе // Вестник Таганрогского института имени А.П. Чехова. 2022. № 1. С. 99–104. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kommunikativno-kognitivnyy-podhod-v-obuchanii-grammatike-inostrannogo-yazyka-v-vuze> (дата обращения: 24.06.2025).
15. Сергеева Н.Н., Сорокоумова С.Н. Профессионально ориентированный подход при обучении иностранному языку в неязыковом вузе: сущность и принципы // Язык и культура. 2022. № 57. С. 223–239. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalno-orientirovanny-podhod-pri-obuchanii-inostrannomu-yazyku-v-neyazykovom-vuze-suschnost-i-printsipy> (дата обращения: 24.07.2025). DOI: 10.17223/19996195/57/11.
16. Воскресенская С.Ю. Дидактико-методические особенности обучения анализу художественного текста на иностранном языке // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2023. № 1 (62). С. 163–175. DOI: 10.26456/vtspyped/2023.1.163.
17. Ткачева Л.Л. Технологии развития критического мышления // Вестник ЮУрГУ. Серия: Лингвистика. 2008. № 16 (116). С. 95–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-razvitiya-kriticheskogo-myshleniya> (дата обращения: 24.06.2025).
18. Вихман А.А. Психометрическая проверка взрослой версии теста критического мышления // Гуманитарные исследования. Педагогика и психология. 2024. № 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihometricheskaya-proverka-vzrosloy-versii-testa-kriticheskogo-myshleniya> (дата обращения: 26.06.2025).
19. Stiebeler H., Werff F. Fit fürs Goethe-Zertifikat B2: Deutschprüfung für Erwachsene. Hueber Verlag. 2019. 140 s. ISBN 9783190318735.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40468

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВУЗЕ

Курзаева Л.В.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет
имени Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru*

В условиях стратегического значения для государства развития сквозных цифровых технологий и их стремительного проникновения во все сферы жизни общества формирование конкурентоспособности обучающихся в области информационных технологий становится одной из важнейших задач высшего образования. Цель исследования – разработка педагогического обеспечения, а также выявление и обоснование педагогических условий эффективного формирования конкурентоспособности обучающихся по направлениям подготовки в области информационных технологий в вузе. Методологической базой исследования выступили трансферно-компетентный, акмеологический и проектный подходы. Произведены анализ и обобщение трудов отечественных авторов, связанных с проектированием педагогического обеспечения и выделением педагогических условий, повышающих эффективность педагогических процессов. Разработанное педагогическое обеспечение позволяет выявить и направить организационные и педагогические ресурсы образовательной экосистемы вуза на формирование конкурентоспособности обучающихся в области информационных технологий. Педагогическое обеспечение охватывает педагогическую поддержку деятельности обучающихся (учебно-профессиональной, научно-исследовательской и др.) и воплощается через комплекс взаимодополняющих технологий – профессионально-отраслевой идентификации, продуктивной активности, конкурентного сотрудничества. Эффективность педагогического обеспечения связывается с реализацией комплекса педагогических условий: идентификация конкурентных преимуществ обучающихся для профессионального самоопределения и построения стратегии успеха в профессиональной среде, включение обучающихся в учебно-профессиональную и научно-исследовательскую деятельность как продуктивных потребителей ценностей, компетенций и технологий в образовательной экосистеме вуза, валидация конкурентоспособности обучающихся в профессиональных конкурсах для повышения эффективности способов реализации учебно-профессиональной деятельности. Предложенное педагогическое обеспечение и условия формирования конкурентоспособности обучающихся играют важную роль в подготовке выпускников вузов, способных успешно адаптироваться к изменяющимся требованиям современного рынка труда и обеспечить развитие технологического суверенитета и лидерства отрасли информационных технологий.

Ключевые слова: конкурентоспособность, педагогическое обеспечение, педагогические условия, профессиональная подготовка, образование

PEDAGOGICAL SUPPORT AND CONDITIONS FOR FORMING THE COMPETITIVENESS OF STUDENTS IN THE AREAS OF TRAINING IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES AT THE UNIVERSITY

Kurzaeva L.V.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

In the context of the strategic importance for the state of the development of end-to-end digital technologies and their rapid penetration into all spheres of society, the formation of the competitiveness of students in the field of information technology is becoming one of the most important tasks of higher education. The aim of the study is to develop pedagogical support and identify pedagogical conditions for the effective formation of the competitiveness of students in the field of information technology at the university. The methodological base of the study was the transfer-competence, acmeological and project approaches. The analysis and generalization of the works of domestic authors related to the design of pedagogical support and the allocation of pedagogical conditions that increase the effectiveness of pedagogical processes were made. The developed pedagogical support makes it possible to identify and direct the organizational and pedagogical resources of the educational ecosystem of the university to the formation of the competitiveness of students in the field of information technology. Pedagogical support covers pedagogical support for the activities of students (educational and professional, research and others) and is implemented through a set of complementary technologies – professional and industry identification, productive activity, competitive cooperation. The effectiveness of pedagogical support is associated with the implementation of a set of pedagogical conditions: identification of competitive advantages of students for professional self-determination and building a strategy for success in a professional environment, inclusion of students in educational and professional and research activities as productive consumers of values, competencies and technologies in the educational ecosystem of the university, validation of the competitiveness of students in professional competitions to improve the effectiveness of methods for implementing educational and professional activities. The proposed pedagogical support and conditions for the formation of competitiveness of students play an important role in the preparation of university graduates who are able to successfully adapt to the changing requirements of the modern labor market and ensure the development of technological sovereignty and leadership in the information technology industry.

Keywords: competitiveness, pedagogical support, pedagogical conditions, professional training, education

Введение

Внимание к формированию конкурентоспособности обучающихся по направлениям подготовки в области информационных технологий (далее – конкурентоспособности обучающихся ИТ-направлений подготовки) связано с необходимостью обеспечения технологического суверенитета и лидерства отечественной ИТ-отрасли. В этом контексте конкурентоспособность личности – это не просто способность к успешному соперничеству на рынке труда, а способность осуществления эффективной профессиональной деятельности и получения ее результатов на уровне мировых стандартов качества.

В связи с этим конкурентоспособность обучающихся ИТ-направлений подготовки вуза – это интегративная профессионально-личностная характеристика, объединяющая потенциальные и реализованные качества и способности личности, которые позволяют вести эффективную учебно-профессиональную и научно-исследовательскую деятельность и получать значимые и востребованные обществом результаты; а также способствующие его успешной самореализации в условиях ускорения темпов развития и сменяемости цифровых технологий путем выстраивания стратегии самосовершенствования и саморазвития для постановки и достижения новых лично- и общественно значимых целей [1].

Формирование рассматриваемого качества личности в процессе профессиональной подготовки в вузе требует проработки специального педагогического инструментария.

Цель исследования – разработка педагогического обеспечения, а также выявление и обоснование педагогических условий эффективного формирования конкурентоспособности обучающихся по ИТ-направлениям подготовки в вузе.

Материалы и методы исследования

Методологическим основанием разработки педагогического обеспечения и условий формирования конкурентоспособности обучающихся ИТ-направлений подготовки является совокупность методологических подходов – трансферно-компетентностного, акмеологического и проектного, определяющих закономерности и принципы реализации рассматриваемого процесса [2]. Основными методами исследования являлись теоретический и понятийный анализ, обобщение и синтез, структурирование и педагогическое проектирование образовательных систем и процессов.

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретической базой исследования являются труды по разработке содержания педагогического обеспечения, а также работы по выделению педагогических условий.

«Педагогическое обеспечение» как педагогическое понятие только оформляется, существующие трактовки многообразны. В.Ш. Набиев, О.О. Дьяконова, придерживаясь технологической парадигмы, рассматривают педагогическое обеспечение как целенаправленное, специально организованное субъект-субъектное взаимодействие участников образовательного процесса [3]. В работе Д.А. Вантеева предлагается рассматривать педагогическое обеспечение образовательного процесса как особую деятельность в контексте педагогики сотрудничества и мобилизации ресурсов для достижения поставленных педагогических целей [4]. А.И. Тимонин, придерживаясь ресурсной парадигмы разработки педагогического обеспечения, акцентирует внимание на выявление и использование в педагогическом процессе личностных, институциональных и средовых ресурсов и потенциалов [5, с. 32]. Е.В. Балганова, обобщая имеющиеся взгляды на педагогическое обеспечение, определяет его как систему и процесс повышения результативности профессиональной подготовки профессионала на основе специального подбора ресурсов и реализации условий, способов и видов деятельности [6], а педагогические условия в данном случае – это его обособленная часть.

И.В. Шилова, С.А. Задворнов в ходе проведенного контент-анализа пришли к выводу, что под «педагогическими условиями» чаще всего понимаются объективные возможности организации образовательного процесса, выделяются следующие их разновидности: организационно-педагогические, психолого-педагогические, дидактические [7]. В трактовке Ч.И. Низамовой, С.Г. Добровольской прослеживается функциональное назначение педагогических условий, а именно то, что это специально созданная среда, в которой личность всесторонне развивается и формирует свою индивидуальность [8].

Целью педагогического обеспечения рассматриваемого процесса является направление организационных и педагогических ресурсов образовательной экосистемы вуза на формирование конкурентоспособности будущих ИТ-специалистов. Педагогическое обеспечение формирования конкурентоспособности обучающихся по ИТ-направлениям подготовки разрабатывалось для педагогической поддержки реализации

учебно-профессиональной, научно-исследовательской деятельности и RnD (исследований и разработки) обучающимися посредством совокупности педагогических технологий в табл. 1.

Реализация педагогического обеспечения связана с созданием специальных педагогических условий.

Выделение педагогических условий рассматриваемого процесса произведено на основе структурно-функциональной модели

конкурентоспособности обучающихся вуза [9]. Взаимосвязи структурных блоков (когнитивно-аксиологического, профессионально-компетентностного, личностного) данной модели определяют функциональные уровни проявления искомого качества личности как стратегической, тактической и операционной конкурентоспособностей. Выделенные условия направлены на формирование обозначенных функциональных уровней проявления конкурентоспособности (табл. 2).

Таблица 1

Педагогические технологии формирования конкурентоспособности обучающихся ИТ-направлений подготовки в вузе

Технология	Методы	Средства	Формы
Профессионально-отраслевой идентификации	Нативного обучения, кейсовый, акмеологического воздействия, продуцирования перспективных линий	Интраактивные средства самоанализа, иммерсивные средства обучения, программы саморазвития, учебные кейсы	Мастер-классы, встречи с представителями ИТ-отрасли, практики, стажировки
Продуктивной активности	Перевернутый класс, проектный, наставничество, портфолио, peer-to-peer («равный – равному»), инициатив, STEM+	Скринкасты, проекты (в том числе RnD), средства SMART-обучения (в том числе MOOK, социальные сети отраслевого сообщества)	Проектная деятельность в образовательной экосистеме вуза, парные лекции акселераторы
Конкурентного сотрудничества	Конкурсные, игровые, имитационные, обучение действием, обучение через сообщество, STEM+	Организационно-деятельностные игры, конкурсные задания, ассистивные технологии	Отраслевые конкурсы, коворкинг, практико-ориентированный эк-замен

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

Таблица 2

Взаимосвязь функций конкурентоспособности обучающихся и условий формирования конкурентоспособности будущих бакалавров ИТ-направлений подготовки в вузе

Структурные блоки	Когнитивно-аксиологический	Профессионально-компетентностный	Личностный
Когнитивно-аксиологический	Функция: направляющая	Функциональный уровень 1: направляющая + обеспечивающая = тактическая конкурентоспособность	Функциональный уровень 3: направляющая + регулятивная = стратегическая конкурентоспособность
Профессионально-компетентностный	Условие 2: создание образовательной экосистемы вуза для включения обучающихся в учебно-профессиональную деятельность как продуктивных потребителей	Функция: обеспечивающая	Функциональный уровень 2: направляющая + регулятивная = операционная конкурентоспособность
Личностный	Условие 1: идентификация конкурентных преимуществ обучающихся для профессионального самоопределения и построения стратегии успеха в профессиональной среде	Условие 3: Валидация конкурентоспособности обучающихся в конкурсных мероприятиях для повышения эффективности способов реализации учебно-профессиональной деятельности	Функция: регулятивная

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

Идентификация конкурентных преимуществ обучающихся для профессионального самоопределения и построения стратегии успеха в профессиональной среде. Выделение данного условия было связано с необходимостью понимания обучающимися своих сильных и слабых сторон, что является залогом успешного профессионального самоопределения, а также построения и реализации стратегии успеха в профессиональной среде [10]. По результатам профессионального самоопределения могут быть определены образовательная, а затем и карьерная траектория для дальнейшего построения стратегии успеха в профессиональной среде.

На этапе обучения в вузе образовательная траектория в общем случае может определяться закреплением тематик работ, которые выполняет обучающийся, выбором дисциплин изучения и баз практик. Готовность же к выстраиванию карьерной траектории должна быть сформирована на этапе обучения в вузе. Учитывая идентифицированные конкурентные преимущества, можно предположить наличие нескольких типов образовательных и карьерных траекторий (табл. 3).

Реализация данного условия основывается на технологии профессионально-отраслевой идентификации.

Включение обучающихся в учебно-профессиональную и научно-исследовательскую деятельность как продуктивных потребителей ценностей, компетенций и технологий в образовательной экосистеме вуза. Выделение данного условия было связано с потенциалом высших образовательных учреждений, позволяющих создать особую образовательную экосистему, не просто воссоздающую черты функционирования среды профессиональной деятельности в некоторой ее проекции, а являющейся, по сути, ее частью. Под образовательной экосистемой вуза в рамках данного исследования будем понимать систему, выделенную в образовательной среде вуза в определенный *пространственно-временной диапазон* своего существования, обеспечивающую субъектов образовательных, научных и производственных отношений ресурсами через *трансфер ценностей, компетенций и технологий* для достижения *общих целей* в подготовке кадров, разработке и продвижении экономических благ и инноваций.

Таблица 3

Типы образовательных и карьерных траекторий

Тип траектории	Характеристика	Способ построения
Горизонтальная концентрация	Акцент на выбранной узкой профилизации и виде деятельности в процессе обучения в вузе. Глубина специальных профессиональных компетенций, четкость будущего карьерного планирования. Подходит для обучающихся с выраженной узкой профессиональной направленностью	Включение видов образовательных активностей, основанных на расширении практического и прикладного опыта в рамках выбранной профилизации и вида деятельности, решение сложных задач
Горизонтальная дисперсия	Акцент на охват разнообразных видов деятельности в процессе обучения в вузе. Широта профессиональных компетенций, разнообразие возможностей самореализации в профессиональной сфере. Подходит для обучающихся с разносторонними интересами в профессиональной сфере, гибкостью и адаптивностью	Включение видов образовательных активностей, основанных на приобретении разнообразного практического опыта в рамках выбранной профессиональной сферы деятельности
Вертикальная	Акцент на организационно-управленческий вид деятельности в процессе обучения в вузе. Глубина управленческих компетенций, четкость будущего карьерного планирования. Подходит для обучающихся с выраженными лидерскими качествами	Включение видов образовательных активностей, позволяющих развивать способности обучающегося организовать работу и управлять командой
Диагональная	Акцент на освоение смежных профессиональных сфер в процессе обучения в вузе. Междисциплинарность, гибкость, адаптация к рынку труда. Подходит для обучающихся с широким диапазоном интересов из разных профессиональных сред.	Включение видов образовательных активностей, позволяющих осваивать компетенции и опыт практической деятельности в смежных профессиональных сферах

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

Наиболее эффективными формами сотрудничества для получения образовательных и продуктивных результатов учебно-профессиональной и научно-исследовательской деятельности обучающихся в образовательной экосистеме вуза являются: практические и научно-исследовательские проекты; стажировочные площадки и временное трудоустройство, научно-исследовательская деятельность, акселерационные программы, целевая подготовка, RnD [11]. Участвуя в данных формах, обучающийся является одновременно *потребителем* в процессе трансфера компетенций, овладевая новыми и совершенствуя имеющиеся компетенции, реже *источником* – обмениваясь своими знаниями, способами выполнения деятельности и опытом с другими участниками трансфера, но при этом он является *участником производства* некоего экономического блага. В этом случае можно говорить о нем как о продуктивном потребителе.

В экономической литературе близким к данному понятию является понятие «активный» потребитель, вовлеченный в процесс создания потребляемого им экономического блага. Кроме того, разработаны различные модели интеграции потребителей в производство ценностей – модель А. Пейна, DART, DARTT, POST и др. Глубокое рассмотрение особенностей реализации данных моделей представлено в работе А.Б. Борисова [12]. Общим для них является активная роль потребителя в проработке идей воплощения и свойств разрабатываемого продукта. В акмеологической науке Н.Д. Джигой [13] введено понятие «продуктивные субъекты образования», в качестве которых выступают руководители образовательных программ, преподаватели, обучающиеся и другие субъекты образовательного процесса вуза, «обладающие системой сформированных профессиональных компетентностей, наиболее значимых для конкретного вида профессий». Важной особенностью их активности является то, что она направлена на преобразование и развитие образовательной экосистемы вуза. В случае обучающихся ИТ-направлений подготовки такая активность может быть связана с разработкой и внедрением ИТ-решений для обеспечения потребностей университета и его партнеров.

Реализация данного условия основывается на технологии продуктивной активности обучающихся.

Валидация конкурентоспособности обучающихся в профессиональных конкурсах для повышения эффективности способов реализации учебно-профессиональной дея-

тельности. Валидация конкурентоспособности обучающихся – это проверка сформированных компетенций и качеств личности обучающихся в результате формального и неформального обучения по процедурам, критериям и лицам, не связанным напрямую с их процессом профессиональной подготовки.

Участие в конкурсах от вендеров программного обеспечения и предприятий ИТ-отрасли позволяет оценить уровень соответствия сформированной конкурентоспособности будущих бакалавров ИТ-направлений подготовки современным требованиям, эффективность командного взаимодействия во временных и ресурсных ограничениях [14], а также расширить границы понимания обучающимися требований ИТ-индустрии, ее различных областей, актуальных проблем и тенденций развития [15]. Кроме того, обратная связь по участию обучающихся в профессиональных конкурсах позволяет своевременно актуализировать содержание обучения по дисциплинам образовательных программ ИТ-направлений подготовки в соответствии с динамикой изменений требований рынка труда.

Выделены основные черты таких конкурсных мероприятий: общий для участников старт решения учебно-профессиональной задачи; практическая направленность задания; жесткие временные рамки; ограниченность ресурсов; командная работа, критериальная оценка деятельности и результатов связана со стандартами деятельности в отрасли; эксперты – представители профессиональной среды или лица, не связанные напрямую с профессиональной подготовкой участников.

Реализация данного условия основывается на технологии конкурентного сотрудничества.

Заключение

В ходе исследования было установлено, что педагогическое обеспечение включает в себя традиционные и инновационные методы, средства и формы обучения, составляющие основу разработанных педагогических технологий: профессионально-отраслевой идентификации, продуктивной активности, конкурентного сотрудничества, – реализация которых связана с использованием потенциалов и ресурсов образовательной экосистемы вуза. Педагогические условия способствуют эффективной активизации и раскрытию профессионально-личностного потенциала обучающихся в процессе профессиональной подготовки в вузе. Разработка педагогического обеспечения и выделение условий эффективно-

го формирования конкурентоспособности обучающихся вуза произведены с учетом специфики их будущей профессиональной деятельности в ИТ-отрасли.

Список литературы

1. Курзаева Л.В. Конкурентоспособность обучающегося ИТ-направления подготовки: уточнение понятия // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 83-й международной научно-технической конференции (Магнитогорск, 21–25 апреля 2025 г.). Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2025. Т. 2. С. 197. [Электронный ресурс]. URL: https://apmste.magtu.ru/downloads/2025_2.pdf (дата обращения: 28.06.2025). ISBN 978-5-9967-3377-4. EDN: ZEULQQ.
2. Курзаева Л.В. Ядро педагогической концепции формирования конкурентоспособности обучающихся направлений подготовки «Информатика и вычислительная техника» вуза в контексте цифровой трансформации экономики // Современные наукоемкие технологии. 2025. № 4. С. 127–133. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=40376> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.17513/snt.40376.
3. Набиев В.Ш., Дьяконова О.О. Педагогическое обеспечение образовательной деятельности в вузе // Высшее образование сегодня. 2016. № 9. С. 18–21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskoe-obespechenie-obrazovatelnoy-deyatelnosti-v-vuze> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.17513/snt.40376.
4. Вантеев Д.А. Сущность и структурные компоненты педагогического обеспечения образовательного процесса // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2020. № 2 (51). С. 229–234. URL: <https://eprints.tversu.ru/id/eprint/9796/> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.26456/vtspyped/2020.2.229. EDN: NOYUNT.
5. Тимонин А.И. Социально-педагогическое обеспечение профессионального становления студента // Вестник КГУ. 2006. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-pedagogicheskoe-obespechenie-professionalnogo-stanovleniya-studenta> (дата обращения: 28.06.2025).
6. Балганова Е.В. Понятие педагогического обеспечения образовательного процесса // Меридиан. 2018. № 3 (14). С. 26–28. URL: <https://meridian-journal.ru/site/articlebb35?id=735> (дата обращения: 28.06.2025). EDN: YXOOLL.
7. Шилова И.В., Задворнов С.А. Определение содержания понятия «педагогические условия» методом контент-анализа // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 12–2. С. 401–405. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37893> (дата обращения: 28.06.2025). EDN: JCCTNF.
8. Низамова Ч.И., Добротворская С.Г. Анализ и уточнение дефиниции и классификационных групп педагогических условий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. 2019. Т. 38. № 4. С. 623–628. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-utocnenie-definitcii-i-klassifikatsionnyh-grupp-pedagogicheskikh-usloviy> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.18413/2075-4574-2019-38-4-623-628. EDN: SMKCUR.
9. Курзаева Л.В. Конкурентоспособность обучающихся вуза: структурно-функциональный анализ понятия // Концепт. 2025. № 6. С. 191–206. URL: <http://e-koncept.ru/2025/251113.htm> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11113. EDN: IBFVSX.
10. Малова О.В. К вопросу о классификации стратегий профессионального развития. Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2013. № 3. С. 72–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-klassifikatsii-strategiy-professionalnogo-razvitiya> (дата обращения: 28.06.2025).
11. Уткин А.В., Шевченко К.В. Экосистемный подход в образовании: от метафоры к методологии и практике // Вестник Череповецкого государственного университета. 2022. № 2 (107). С. 175–189. URL: <https://vestnik-chsu.ru/publikatsii/arkhiv/vestnik-cherepovetskogo-gosudarstvennogo-universiteta-2-107-2022/> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.23859/1994-0637-2022-2-107-14.
12. Борисов А.Б. Модели интеграции потребителей в процесс совместного создания ценности // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 9. С. 3475–3490. URL: <https://1economic.ru/lib/113500> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.18334/ce.15.9.113500.
13. Жаринова Е.Н., Джига Н.Д. Психолого-педагогические основы продуктивности субъектов образования в научно-профессиональной среде вуза // Новое в психолого-педагогических исследованиях. 2023. № 2 (69). С. 177–194. URL: <https://mpsuinfo.ru/articles/273/psixologo-pedagogiceskie-osnovy-produktivnosti-subektov-obrazovaniya-v-nauchno-professionalnoi-srede-vuza> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.51944/20722516_2023_2_177. EDN: PIMLSB.
14. Рабина Е.И., Дерина Н.В. Влияние умения выпускников вуза организовывать свое время на уровень их конкурентоспособности // Гуманитарно-педагогические исследования. 2021. Т. 5. № 2. С. 22–26. URL: <http://gpi.magtu.ru/ru/archive/40-2-2021/167-5-2-22-26.html> (дата обращения: 28.06.2025). DOI: 10.18503/2658-3186-2021-5-2-22-26.
15. Ложкина Е.Ю. К вопросу о развитии человеческого капитала образовательного учреждения средствами профессиональных образовательных конкурсов // Инновационные проекты и программы в образовании. 2013. № 4. С. 58–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-razviti-i-che-loveschego-kapitala-obrazovatel'nogo-uchrezhdeniya-sredstvami-professionalnyh-obrazovatel'nyh-konkursov> (дата обращения: 28.06.2025). EDN: QZKCFL.

УДК 37.01:373.1
DOI 10.17513/snt.40469

ВИДЫ ПОНИМАНИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИХ ДИАГНОСТИКИ В ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Маркинов И.Ф., Каменева Ю.Ф.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет
имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: mark33@list.ru*

В статье обоснована необходимость освоения подрастающим поколением понимания как познавательной процедуры порождения смысла изучаемого объекта, опирающейся на предпонимание в виде багажа освоенных знаний и способов действия с ними при задействовании мыслительных процессов и отдельных операций в их составе. Видами понимания, потенциально применимыми в общем образовании, в ней указаны понимание-знание и понимание-интерпретация, обеспечивающие продуцирование обучающимися субъективно нового знания, выражение собственного мнения и оценочных суждений. Цель статьи – выразить сущность понимания, определить и охарактеризовать его виды, предложить инструментарий для диагностики сформированности понимания у обучающихся общеобразовательных организаций. Методы исследования: анализ, обобщение и систематизация данных из научной литературы, абстрагирование и выражение определений понятий, выделение ориентиров для конструирования диагностических заданий с учетом уровней понимания. Для диагностики сформированности понимания предложен инструментарий. С одной стороны, это задания двух групп: 1) диагностирующие понимание-знание – на установление соответствия/несоответствия изучаемого объекта предложенному в тексте понятию; на узнавание изучаемого объекта и происходящих в нем процессов по предложенному «немому» схематическому рисунку; на выявление истинности/ложности представленной для изучения информации об изучаемом объекте; 2) диагностирующие понимание-интерпретацию (истолкование) – на выражение мнения об особенностях организации, функционирования, взаимодействия изучаемого объекта с другими объектами и окружающей его средой; на выяснение связей компонентов изучаемого объекта между собой и с окружающей средой; на определение возможных изменений состояния изучаемого объекта при исключении какого-либо его компонента. С другой стороны, это уровни понимания: 1) предпонимание – фиксация, идентификация и узнавание обучающимися изучаемого объекта; 2) понимание-знание – использование обучающимися имеющихся знаний об изучаемом объекте в получении субъективно новых знаний; 3) понимание-интерпретация – выражение обучающимся собственного мнения и оценочных суждений об изучаемом объекте.

Ключевые слова: понимание как познавательная процедура, виды понимания, уровни понимания, задания для диагностики понимания, обучающиеся общеобразовательных организаций

Статья выполнена в рамках научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева» по теме «Методика формирования понимания обучающимися естественно-научного материала».

TYPES OF UNDERSTANDING AND TOOLS FOR THEIR DIAGNOSTICS IN THE PREPARATION OF STUDENTS IN GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Markinov I.F., Kameneva Yu.F.

*Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsevev,
Saransk, e-mail: mark33@list.ru*

The article substantiates the need for the younger generation to master the understanding as an informative procedure of generating the meaning of the studied object, relying on pre-understanding in the form of a baggage of mastered knowledge and ways of acting with them, involving mental processes and individual operations in their composition. The types of understanding potentially applicable in general education are indicated in the article as understanding-knowledge and understanding-interpretation, providing the production of new knowledge by students, the expression of their own opinions and value judgments. The purpose of the article is to express the essence of understanding, to define and characterize its types, and to propose a toolkit for diagnosing the level of understanding among students in general education institutions. The research methods include analysis, generalization, and systematization of data from scientific literature, abstraction and definition of concepts, and identification of guidelines for constructing diagnostic tasks based on the levels of understanding. A toolkit has been proposed for diagnosing the level of understanding. On the one hand, these are tasks of two groups: 1) diagnostic understanding-knowledge – to establish the conformity / inconsistency of the studied object with the concept proposed in the text; to recognize the studied object and the processes taking place in it according to the proposed «dumb» schematic drawing; to identify the truth / falsity of the information presented for study about the studied object; 2) diagnostic understanding-interpretation (interpretation) – to express an opinion about the peculiarities of the organization, functioning, interaction of the studied object with other objects and its environment; to clarify

the connections of the components of the studied object with each other and with the environment; to determine possible changes in the state of the studied object if any of its components are excluded. On the other hand, these are the levels of understanding: 1) pre-understanding – the learner's fixation, identification, and recognition of the object being studied; 2) understanding-knowledge – the learner's use of existing knowledge about the object being studied to acquire new knowledge; 3) understanding-interpretation – the learner's expression of their own opinions and assessments about the object being studied.

Keywords: understanding as a cognitive procedure, types of understanding, levels of understanding, tasks for diagnosing understanding, students of general education organizations

The article was written within the framework of research work in priority areas of scientific activity of partner universities Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev and Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseiev on the topic «Methodology for forming students' understanding of natural science material».

Введение

В условиях постоянного обновления информации, появления различных, порой совершенно противоречивых позиций ученых при представлении материала об одном и том же объекте, на передний план выдвигается проблема понимания. Она усиливается еще и тем, что бурное совершенствование компьютерной техники, цифровых технологий послужило импульсом к возникновению и развитию нового состояния общества. Большинство членов в нем полностью или частично заняты производством, хранением, переработкой и реализацией информации различного уровня сложности организации. И вполне оправданно, что к любому из них у информационного общества имеется ряд специфических требований. Во-первых, это понимание множества вариантов существования источников информации, доступных каждому при необходимости, во-вторых, это освоенность умений анализировать, синтезировать, оценивать, адекватно использовать информацию, представлять ее в требуемой форме (вербальной, графической, числовой), в-третьих, это готовность и способность применять информацию для решения насущных интеллектуальных и практических задач. Обозначенные и другие требования информационного общества ко всем членам и каждому отдельному человеку спровоцировали необходимость скорейшего обновления существующей образовательной парадигмы. В ней важность знаний информационно-репродуктивного типа как таковых не отрицается, но они должны уступить законное место умениям их «добывать», применять и творчески преобразовывать. По мнению авторов, такая парадигма должна выстраиваться на основе концепта «понимание», в составе которого определение собственно понятия «понимание», выражение видов и уровней понимания с их характеристиками для целенаправленного применения в образовательном процессе.

Цель исследования – выразить сущность понимания, определить и охарактеризовать его виды, предложить инструментарий для диагностики сформированности понимания у обучающихся общеобразовательных организаций.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования выступила специально подобранная и организованная информация, отражающая сущность понимания как познавательной процедуры порождения смысла (осмысление) изучаемого объекта окружающей действительности при задействовании мыслительных процессов и (или) отдельных операций в их составе (осознание). Материалами также послужила информация о видах (понимание-знание, понимание-интерпретация (истолкование), понимание-постижение) и уровнях понимания. Методы исследования: анализ, обобщение и систематизация данных из научной литературы, абстрагирование и выражение определений понятий, выделение ориентиров для конструирования диагностических заданий с учетом уровня понимания.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выражения определения понятия «понимание» авторы обратились к философской и психологической литературе. В литературе по философии понимание в самом общем виде предстает в качестве процедуры порождения понимающим смысла познаваемой реальности или абстракции при непременном задействовании для этого либо мыслительных процессов целиком, либо составляющих их операций [1, с. 11; 2]. Дополняя сказанное, в ней уточняется, что особенность мышления человека проявляется и в стремлении отразить сущность познаваемой реальности или абстракции в ходе ее соотнесения с более широким кругом ранее познанных реалий или абстракций, поиске ей места среди уже известных зако-

номерностей, связей и отношений материальной или интеллектуальной действительности [3].

Чаще всего этот термин применяется учеными в четырех случаях: 1) при раскрытии способов бытия человека в мире как основанных на осознанных или неосознаваемых выборах возможностей своего существования; 2) при характеристике познавательных способностей человека, воплощенных в его рассудочной деятельности; 3) при истолковании замыслов текстов, декодировании значений языка и речи; 4) при проникновении человека в сущность и смыслы разных проявлений культуры [4; 5].

В целом трактовки категории «понимание», достаточно близкие представленным выше, но, разумеется, не тождественные им, обнаруживаются и в литературе по психологии [6, с. 29]. При этом ученые-психологи вполне единодушно указывают на три главных вида понимания – знание, интерпретацию (истолкование) и постижение, а также на их предшественника – предпонимание. Авторами отмечено, что выделенным видам понимания соответствуют природная, культурная и духовная сферы бытия человека, признанные философской наукой, а также когнитивная, герменевтическая и экзистенциальная традиции исследования психики человека, сложившиеся в психологической науке. Следовательно, данная классификация опирается на всекие философские и психологические основания, разумно сочетая их. Именно по этой причине она на сегодняшний день так же широко, как в философской и психологической науках, используется и в педагогической науке.

В литературе по педагогике, если речь заходит о понимании, оно характеризуется как процесс, сопутствующий, но не аналогичный освоению обучающимися содержания учебного материала [7–9]. Поддерживая эту точку зрения и развивая ее, М.Е. Бершадский видит за пониманием как процессом, так и ключевой результат обучения. В данном контексте понимание предстает в ипостаси осмысления детьми и подростками основной идеи, сущностных характеристик понимаемого содержания учебного материала, поиска и обнаружения возможностей «вписывания» приобретенных знаний в уже имеющуюся у них знаниевую систему, а затем и в смысловую сферу личности [10, с. 67]. Установлена явная связь осмысления с пониманием: первое предшествует второму и ведет к нему.

На основе сказанного в статье предложен оригинальный вариант определения термина «понимание». Это познавательная процедура порождения обучающимся смыс-

ла (осмысление) изучаемого объекта окружающей действительности, опирающаяся на предпонимание как багаж ранее освоенных знаний и способов действия с ними, подразумевающая обязательное задействование мыслительных процессов и (или) отдельных операций в их составе (осознание).

Далее представлены краткие характеристики понимания-знания, понимания-интерпретации (истолкования), понимания-постижения, которые педагогам общеобразовательных организаций следовало бы полнее использовать в работе с обучающимися.

Понимание-знание предназначено для установления истинности или ложности информации, содержащей сведения и факты, так или иначе иллюстрирующие процессы и явления, происходящие с объектами окружающей действительности. Такой вид понимания всегда связан с идентификацией (узнаванием) чего-либо и обязательно должен быть подкреплен эмпирически [6]. В целом авторы статьи согласны с мнением В.Д. Шадрикова, но ими отмечено следующее. Указанное суждение объективно порождает путаницу, так как не дает однозначных ответов на вопросы, чем традиционно формируемое у всех обучающихся знание качественно отличается от понимания-знания и не имеет ли в этом случае место быть подмена одного термина другим. Совершенно очевидно лишь одно: родовым среди терминов «знание» и «понимание-знание» является первый, а второй только конкретизирует его, высвечивая новые грани знания. Трудно также согласиться с ученым в том, что понимание-знание всегда требует эмпирического подкрепления. Не любую изучаемую информацию об объекте окружающей действительности можно «здесь и сейчас» эмпирически подкрепить. Особенно это важно учитывать при работе с обучающимися на разных уровнях общего образования. Для формирования у них понимания-знания педагогу достаточно иметь в арсенале убедительные примеры, опираться на предпонимание – ранее освоенные детьми и подростками знания, учитывать накопленный индивидуальный жизненный опыт. Это способно успешно подменить так недостающую современным общеобразовательным организациям эмпирическую составляющую подготовки обучающихся.

Далее авторами была предпринята попытка найти ответы на заданные выше вопросы. Как известно, знание – все то, что уже ранее создано одними, но освоено другими людьми. Значит при характеристике знания совершенно уместно использовать термины «выучил» или «научился», «овладел». Тогда знание предстает как своеобразный

«багаж», обязанный своим существованием многовековой истории развития человечества, а понимание – как способность человека нести и постепенно осваивать (присваивать) этот «багаж», при необходимости адекватно применяя в ситуациях, идентичных тем, в которых ранее знание было получено и использовано. Но данное утверждение лишь отчасти можно считать верным, так как понимание всегда связано с вновь создаваемым знанием, пусть даже если, как в случае с обучающимися, оно будет новым для каждого конкретного из них. Следовательно, понимание – это процесс, в котором производится новое знание, и если нет понимания, то производство прервется, будет лишь «переливание имеющихся знаний из одних голов в другие». В качестве несколько утрированных иллюстраций к этому приведены такие, как отчет об отчете, комментарий на комментарий, история науки вместо науки. Обобщим их фразой «из пустого в порожнее».

На основе сказанного в статье предложен оригинальный вариант определения к термину «понимание-знание». Это познавательная процедура использования обучающимся освоенных ранее знаний об изучаемом объекте и накопленного индивидуального жизненного опыта в получении субъективно новых знаний.

Возможными вариантами диагностического инструментария в общем образовании определены задания: на установление соответствия/несоответствия изучаемого объекта предложенному в тексте понятию; на узнавание изучаемого объекта и происходящих в нем процессов по предложенному «немому» схематическому рисунку; на выявление истинности/ложности представленной для изучения информации об изучаемом объекте [11].

Понимание-интерпретация (истолкование) и высокая вероятность его возникновения появляются тогда, когда у человека объективно нет возможностей проверить эмпирические данные или мнения на предмет их истинности или ложности. В такой ситуации он способен лишь предъявить собственное (личное) мнение, причем оно всегда будет иметь признаки объективности и субъективности. Личное мнение – это, по существу, и есть интерпретация (истолкование). Следовательно, другие люди уже его должны будут характеризовать как правильное, частично правильное или вовсе неправильное [10, с. 102]. Сама возможность существования частично правильного / частично неправильного мнения убеждает в том, что «правильность» и «неправильность» мнения редко бывают абсо-

лютными. Только в согласовании личного мнения с мнениями других людей можно сделать соответствующие выводы. Если мнение непротиворечиво, согласовано с ранее принятыми и признанными (подтвержденными) теоретическими положениями и эмпирическими утверждениями, то оно, скорее всего, является правильным. Кроме того, правильных мнений может быть несколько, если они отражают разные адекватные точки зрения на сведения и факты о процессах и явлениях, происходящих с объектами окружающей действительности. В качестве вывода: ситуация с пониманием-интерпретацией (истолкованием) в науке в целом более определенная, чем с пониманием-знанием.

На основе сказанного в статье предложен оригинальный вариант определения к термину «понимание-интерпретация (истолкование)». Это познавательная процедура использования обучающимся освоенных ранее знаний об изучаемом объекте и накопленного индивидуального жизненного опыта в выражении собственного мнения и оценочных суждений [12, с. 54; 13].

Возможными вариантами диагностического инструментария в общем образовании определены задания: на выражение мнения об особенностях организации, функционирования, взаимодействия изучаемого объекта с другими объектами и окружающей его средой; на выяснение связей компонентов изучаемого объекта между собой и с окружающей средой; на определение возможных изменений состояния изучаемого объекта при исключении какого-либо его компонента [11].

Понимание-постижение происходит на разных периодах жизни, через которые неизбежно проходит человек, осмысливая и оценивая себя в тех или иных ситуациях бытования. В статье авторы согласились с мнением Е.Н. Шапинской, что в бытовом плане смысловые ориентации имеют для каждого глубокий экзистенциальный смысл. К пониманию себя в мире, экзистенциальным размышлениям о себе человек приходит благодаря ретроспективному и антиципирующему интересу к своему внутреннему миру. Он направлен на поиск смысла своего существования, поступков и мысленный выход за пределы не только конкретной ситуации, но часто и собственной жизни, включение ее в иную систему координат, в которой жизнь надеется смыслом [14]. По всей видимости исследователь имел в виду нечто особенное (например, событие, феномен), использование других видов понимания которого не дает хоть какого-то эффекта.

Состав концепта «понимание» для использования в общем образовании

Понимание	
Познавательная процедура порождения обучающимся смысла (осмысление) изучаемого объекта окружающей действительности, опирающаяся на предпонимание как багаж ранее освоенных знаний и способов действия с ними, подразумевающая обязательное задействование мыслительных процессов и (или) отдельных операций в их составе (осознание)	
Виды понимания	
Понимание-знание	Познавательная процедура использования обучающимся освоенных ранее знаний об изучаемом объекте и накопленного индивидуального жизненного опыта в получении субъективно новых знаний
Понимание-интерпретация (истолкование)	Познавательная процедура использования обучающимся освоенных ранее знаний о биологическом объекте и накопленного индивидуального жизненного опыта в выражении собственного мнения и оценочных суждений
Уровни понимания	
Первый уровень (предпонимание)	Фиксация, идентификация и узнавание обучающимся изучаемого объекта
Второй уровень (понимание-знание)	Использование обучающимся имеющихся знаний об изучаемом объекте в получении субъективно новых знаний
Третий уровень (понимание-интерпретация)	Выражение обучающимся собственного мнения и оценочных суждений об изучаемом объекте

Источник: составлено авторами на основе [1; 6; 15].

В частности, это могут быть «открытые» человеком личные смыслы жизни и смерти, «обнаруженная» сущность собственного бытия, внезапно «обретенная» на фоне духовного перерождения вера, «пришедшая» мудрость и т.д. Достижение указанных состояний слабо связано с пониманием-знанием и пониманием-интерпретацией (истолкованием). Они и есть понимание-постижение – иррациональное, плохо исследованное, находящееся за чертой рационально понимаемого.

Как известно, общеобразовательные организации страны посещают обучающиеся в возрасте от 6–7 до 17–18 лет. Имеющийся у авторов педагогический опыт не дал оснований утверждать, что большинство из них способно всерьез задумываться над смыслами жизни и смерти или сущностью человеческого бытия. В них обучаются обычные дети и подростки без «явных признаков мудрости», развитые в той мере, в которой должны быть развиты в своем возрасте.

Еще одним выразителем понимания служат уровни. В научной литературе середины 1990-х гг. был произведен обстоятельный философский анализ различных точек зрения на проблему понимания, но лишь применительно к текстовой (знаковой) информации. Он позволил ученым выделить три его основных уровня: фиксация материальной формы знака (идентификация, узнавание); выявление социального значения знака (установление применимости, широты распространения); формулирование лич-

ностного смысла знака (выражение оценочного мнения, переживание) [7; 8; 15, с. 134]. Следовательно, степень проникновения понимающего в сущность им понимаемого вполне может стать основанием для выделения уровней понимания.

С учетом сказанного в статье предложен собственный вариант выражения уровней понимания применительно к общему образованию. Первый уровень – это фиксация, идентификация и узнавание обучающимся изучаемого объекта (предпонимание). Второй уровень – это использование обучающимся имеющихся знаний об изучаемом объекте в получении субъективно новых знаний (понимание-знание). Третий уровень – это выражение обучающимся собственного мнения и оценочных суждений об изучаемом объекте (понимание-интерпретация (истолкование)).

В обобщенном виде состав концепта «понимание» для использования в общем образовании представлен в таблице.

Заключение

Понимание как познавательная процедура в полной мере способна обеспечить осмысление и осознание всего нового для поиска возможностей дальнейшего использования в теоретической и практической деятельности. Для диагностики сформированности у обучающихся общеобразовательных организаций понимания необходим особый инструментарий. С одной стороны, это задания двух групп:

1) диагностирующие понимание-знание – на установление соответствия/несоответствия изучаемого объекта предложенному в тексте понятию; на узнавание изучаемого объекта и происходящих в нем процессов по предложенному «нему» схематическому рисунку; на выявление истинности/ложности представленной для изучения информации об изучаемом объекте; 2) диагностирующие понимание-интерпретацию (истолкование) – на выражение мнения об особенностях организации, функционирования, взаимодействия изучаемого объекта с другими объектами и окружающей его средой; на выяснение связей компонентов изучаемого объекта между собой и с окружающей средой; на определение возможных изменений состояния изучаемого объекта при исключении какого-либо его компонента. С другой стороны, это уровни понимания: 1) предпонимание – фиксация, идентификация и узнавание обучающимся изучаемого объекта; 2) понимание-знание – использование обучающимся имеющихся знаний об изучаемом объекте в получении субъективно новых знаний; 3) понимание-интерпретация – выражение обучающимся собственного мнения и оценочных суждений об изучаемом объекте.

Список литературы

1. Знаков В.В. Психология возможного: новое направление исследований понимания: монография. М.: Институт психологии РАН, 2022. 365 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/book/319031> (дата обращения: 11.06.2025). ISBN 978-5-9270-0447-8.
2. Филатов В.П. От объяснения к пониманию: важный сдвиг в философии науки // Эпистемология и философия науки. 2023. Т. 60. № 2. С. 6–22. URL: <https://journal.iphras.ru/article/view/9158> (дата обращения: 16.07.2025). DOI: 10.5840/202360218.
3. Костина А.В. Понимание и его социокультурная обусловленность: от гносеологии – к онтологии // Знание. Понимание. Умение. 2022. № 2. С. 72–81. URL: <https://journals.mosgu.ru/zpu/article/view/1594> (дата обращения: 20.07.2025). DOI: 10.17805/zpu.2022.2.5.
4. Гусельцева М.С. Осознанность как фактор устойчивости личности в меняющемся мире // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. Психология. 2024. Т. 14. № 3. С. 414–433. URL: https://psyjournals.ru/journals/vspu_psychology/archive/2024_n3/Guseltseva (дата обращения: 11.07.2025). DOI: 10.21638/spbu16.2024.302.
5. Кияткина А.Д. К вопросу о проблеме определения феномена понимания // Ярославский педагогический вестник. 2020. № 4. С. 89–95. URL: https://vestnik.yspu.org/releases/2020_4/13.pdf (дата обращения: 15.07.2025). DOI: 10.20323/1813-145X-2020-4-115-89-95.
6. Шадриков В.Д. Понимание: концептуальные модели. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. 209 с. [Электронный ресурс]. URL: https://psyru.ru/library/pdf/ponimanie_2021.pdf (дата обращения: 12.07.2025). ISBN 978-5-9270-0424-9.
7. Кулешова И.Г., Кисельников И.В., Брейтгайм Э.К. Содержание фаз понимания учебного материала // Вестник НГПУ. 2019. Т. 9. № 5. С. 97–109. URL: <https://repo.nspu.ru/bitstream/nspu/3444/1/soderzhanie-faz-ponimaniya-ucheb.pdf> (дата обращения: 13.07.2025). DOI: 10.15293/2658-6762.1905.06.
8. Борзова Т.В., Мосунова Л.А. Условия развития смыслового понимания информации в процессе обучения // Science for Education Today. 2020. Т. 10. № 1. С. 7–24. URL: <http://sciforedu.ru/system/files/articles/pdf/07borzova1-20z.pdf> (дата обращения: 11.07.2025). DOI: 10.15293/2658-6762.2001.01.
9. Осинцева Н.В. Герменевтика как методологический инструмент в образовательном процессе: проблема понимания // Знание. Понимание. Умение. 2022. № 1. С. 138–148. URL: <https://journals.mosgu.ru/zpu/article/view/1519> (дата обращения: 15.07.2025). DOI: 10.17805/zpu.2022.1.11.
10. Бершадский М.Е. Понимание как педагогическая категория: мониторинг когнитивной сферы: понимает ли ученик то, что изучает? М.: Центр «Педагогический поиск», 2004. 176 с. ISBN 5-901030-65-6.
11. Якунчев М.А., Маркинов И.Ф., Семенова Н.Г., Акимова Ю.Д. Учебные задания как средство формирования опыта творческой деятельности в предметной подготовке старшеклассников // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 7. С. 232–239. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view> (дата обращения: 12.07.2025). DOI: 10.17513/snt.39722.
12. Маркинов И.Ф., Якунчев М.А., Семенова Н.Г., Капустина Ю.Ф. Теория и практика обучения интерпретации в систематическом курсе биологии: монография. Саранск: РИЦ МГПУ, 2023. 248 с. ISBN 978-5-8156-1707-0.
13. Маркинов И.Ф., Якунчев М.А., Семенова Н.Г., Каменева Ю.Ф. Характеристика компонентов методики обучения интерпретации в биологической подготовке обучающихся общеобразовательных организаций // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 1. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=33187> (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.17513/spno.33187.
14. Шапинская Е.Н. Образ «Другого» в текстах культуры: политика репрезентации // Знание. Понимание. Умение. 2009. № 4. С. 49–55. URL: https://zpu-journal.ru/zpu/contents/2009/4/Shapinskaia/5_2009_4.pdf (дата обращения: 11.07.2025).
15. Гусев С.С., Тульчинский Г.Л. Проблема понимания в философии: философско-гносеологический анализ. М.: Политиздат, 1985. 192 с.

УДК 373.1:371.12
DOI 10.17513/snt.40470

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПРОФИЛЯ ПЕДАГОГА КАДЕТСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Марковская Е.А.

*ФГКОУ «Санкт-Петербургский кадетский военный корпус им. князя Александра Невского»,
Санкт-Петербург, e-mail: marc.06@bk.ru*

Проблемам профессиональной адаптации педагогов посвящено много исследований, но в них редко используется термин «компетентность». Чаще упоминаются личностные качества, которые фактически соответствуют универсальным компетентностям. Определение компетентностного профиля педагога с последующим выявлением профессиональных дефицитов и разработкой индивидуальных траекторий развития представляет собой значимую задачу в контексте современных требований к кадетскому образованию. Целью исследования становится выявление составляющих педагогического компонента компетентностного профиля педагога кадетского образования, что позволит создать персонализированные критерии оценки профессиональной деятельности педагогов, а также выстроить перспективные направления их профессионального роста с учетом запросов непосредственных участников учебного процесса. Структура компетентности педагога кадетского образования определяется спецификой его профессиональной деятельности. В данной статье автор характеризует составляющие педагогического компонента компетентностного профиля педагога кадетского образования, как базового: педагогическая коммуникация, мотивация на работу в кадетской образовательной организации, рабочее состояние (работоспособность) педагога, информационная мобильность. Представленные теоретико-методологические основы формирования компетентностного профиля педагога кадетского образования могут быть использованы кадетскими образовательными организациями для выявления и систематизации профессиональных дефицитов педагогов, а также определения программы их устранения.

Ключевые слова: педагог, компетентностный профиль педагога, кадетское образование, профессиональные дефициты

THE PEDAGOGICAL COMPONENT OF THE COMPETENCE PROFILE OF A TEACHER OF CADET EDUCATION

Markovskaya E.A.

*Prince Alexander Nevsky St Petersburg Cadet Military Corps, St Petersburg,
e-mail: marc.06@bk.ru*

Many studies have been devoted to the problems of professional adaptation of teachers, but the term “competence” is rarely used in them. Personal qualities that actually correspond to universal competencies are more often mentioned. Determining the teacher’s competence profile, followed by identifying professional deficits and developing individual development trajectories, is a significant task in the context of modern requirements for cadet education. The purpose of the study is to identify the components of the pedagogical component of the competence profile of a teacher of cadet education, which will create personalized criteria for evaluating the professional activities of teachers, as well as to build promising areas for their professional growth, considering the requests of direct participants in the educational process. The competence structure of a cadet education teacher is determined by the specifics of his professional activity. In this article, the author characterizes the components of the pedagogical component of the competence profile of a teacher of cadet education as basic: pedagogical communication, motivation to work in a cadet educational organization, the working condition (efficiency) of the teacher, information mobility. The presented theoretical and methodological foundations for the formation of the competence profile of a teacher of cadet education can be used by cadet educational organizations to identify and systematize professional deficits of teachers, as well as to determine a program to eliminate them.

Keywords: teacher, teacher competency profile, cadet education, professional deficiencies

Введение

В системе образования все чаще используют компетентностный подход к деятельности педагогов для более четкого определения профессиональных и поведенческих требований к сотрудникам в зависимости от выполняемой ими роли и поставленных перед ними задач [1]. Модель компетенций, разработанная в соответствии с принципами данного подхода, обосновывает, что ценностные ориентации составляют

фундамент педагогической деятельности, поскольку детерминируют профессиональное поведение, когнитивное восприятие действительности и трудовую деятельность [2]. В современной кадровой политике образовательных организаций наблюдается устойчивая тенденция к внедрению компетентностных профилей педагогических работников [3]. Данный инструмент представляет собой перечень ключевых компетентностей (или компетенций) для конкретной

должности с четким определением соответствующего уровня их проявления [4]. Профиль компетентностей может характеризовать требования как к профессиональным качествам работника, представляя собой персонифицированную эталонную модель, определяющую ключевые характеристики для успешной работы на конкретной позиции, так и к индивидуальным качествам его личности [5].

Профессиональный успех педагога определяется осознанным выбором, ценностными ориентациями и стратегическим планированием личностного развития. Ключевую роль играют «мягкие» навыки, позволяющие эффективно реализовать потенциал сотрудника [6]. При этом профессиональная компетентность требует не только специальных знаний, но и общих компетенций, а также нравственной зрелости. Такой подход позволяет педагогам объективно оценивать свою конкурентоспособность и определять перспективы профессионального роста.

Цель исследования: определение составляющих педагогического компонента компетентностного профиля педагога кадетского образования.

Материал и методы исследования

Проблемам профессиональной адаптации педагогов посвящено много исследований, но в них редко используется термин «компетентность». Чаще упоминаются личностные качества, которые фактически соответствуют универсальным компетентностям: способность решать проблемы, коммуникативные навыки, работа с информацией. При этом практически отсутствуют эмпирические исследования, демонстрирующие влияние уровня развития данных компетентностей на профессиональную успешность педагогов.

Педагогическая диагностика и выявление компетентностного профиля педагога кадетского образования проходила на базе кадетских организаций Министерства обороны Российской Федерации с участием 590 педагогов. Технология формирования компетентностного профиля педагога осуществлялась поэтапно и включала идентификацию ключевых компонентов профессиональной компетентности педагога кадетского образования, разработку индивидуального профиля компетенций, объективную оценку сформированных навыков, подбор адресных программ профессионального развития для устранения выявленных дефицитов, контрольную диагностику, итоговое моделирование компетентностного профиля специалиста.

Результаты исследования и их обсуждение

Профессиональный стандарт педагога (Приказ Минтруда № 544н от 18.10.2013 г.) предъявляет требования не только к профессиональным навыкам, но и к личностным качествам учителя, включая соблюдение правовых и этических норм [7]. Воспитание, обучение и повседневная жизнь кадет тесно взаимосвязаны. В их основе лежат общечеловеческие и гражданско-патриотические ценности, моральные нормы, традиции, а также символика и ритуалы, формирующие особую среду [8]. Кадетские образовательные организации не только реализуют программы основного и среднего общего образования, но и уделяют особое внимание патриотическому воспитанию; развитию преданности воинскому долгу и интереса к военной профессии; освоению обучающимися базовых знаний и практических навыков военного дела; стимулированию мотивации к поступлению в военные вузы и овладению профессией офицера, то есть готовят обучающихся к службе Родине. Преподаватели и офицеры-воспитатели выступают не только носителями знаний, но и образцом нравственного поведения. Как отмечал В.А. Сухомлинский, именно нравственно-этические характеристики педагога детерминируют процесс личностного становления воспитанников [9]. Поэтому педагог кадетского образования представляет собой интегративного специалиста, обладающего не только базовым набором профессиональных компетенций, регламентированных соответствующим образовательным стандартом, но и дополнительной специализированной подготовкой, отражающей специфику кадетского обучения. Его компетентностный профиль определяется составляющими профессиональной деятельности и включает педагогический, военный и аксиологический компоненты.

Педагогический компонент компетентности педагога кадетского образования является базовым и отражает дидактическую готовность к образовательной и воспитательной деятельности, способность к эффективному взаимодействию в событийно насыщенной кадетской образовательной среде, внутреннюю мотивацию на работу в кадетской образовательной организации, основанную на личностной самоидентификации и ценностных ориентациях, рабочее состояние (работоспособность) и информационную мобильность педагога (рис. 1).

Дидактическая готовность педагога кадетского образования представляет собой единство теоретической и практической

составляющих. Теоретическая готовность является системой обобщённых когнитивных способностей, включающих аналитическую, прогностическую, проективную и рефлексивную составляющие профессионального мышления. Практическая готовность проявляется в комплексе организационно-деятельностных компетенций, обеспечивающих эффективное вовлечение обучающихся в образовательный процесс и управление коллективной деятельностью в условиях кадетского образования. Для педагогического работника системы кадетского образования существенное значение приобретает сформированность *мотивации на работу в кадетской образовательной организации*, которая выражается в осознанной ориентации на непрерывное совершенствование как профессиональных, так и личностных компетенций. Данная мотивационная структура детерминируется сочетанием внешних (удовлетворённость профессиональной деятельностью) и внутренних (индивидуальные потребности, ценностные ориентации, целевые установки) факторов.

Рабочее состояние (работоспособность) педагога определяет его продуктивность и профессиональное развитие. Понятие «работоспособность педагога» рассматривается как способность стабильно, в течение длительного времени поддерживать интенсивный ритм своей деятельности в условиях высоких нервных перегрузок и возрастающей сложности труда [10]. Работоспособность представляет собой интегральную способность индивида поддерживать оптимальный уровень функционального состояния, обеспечивающий максимальную продуктивность профессиональной деятельности [11]. Таким образом, данное понятие подразумевает наличие специфических психофизиологических состояний, непосредственно влияющих на эффективность трудовых процессов. Понятие «рабочее состояние педагога» следует рассматривать более широко и учитывать такие факторы, как удовлетворенность педагога своим рабочим состоянием, самопринятие им профессиональной деятельности и способность переключать внимание с личностных переживаний на текущие задачи.

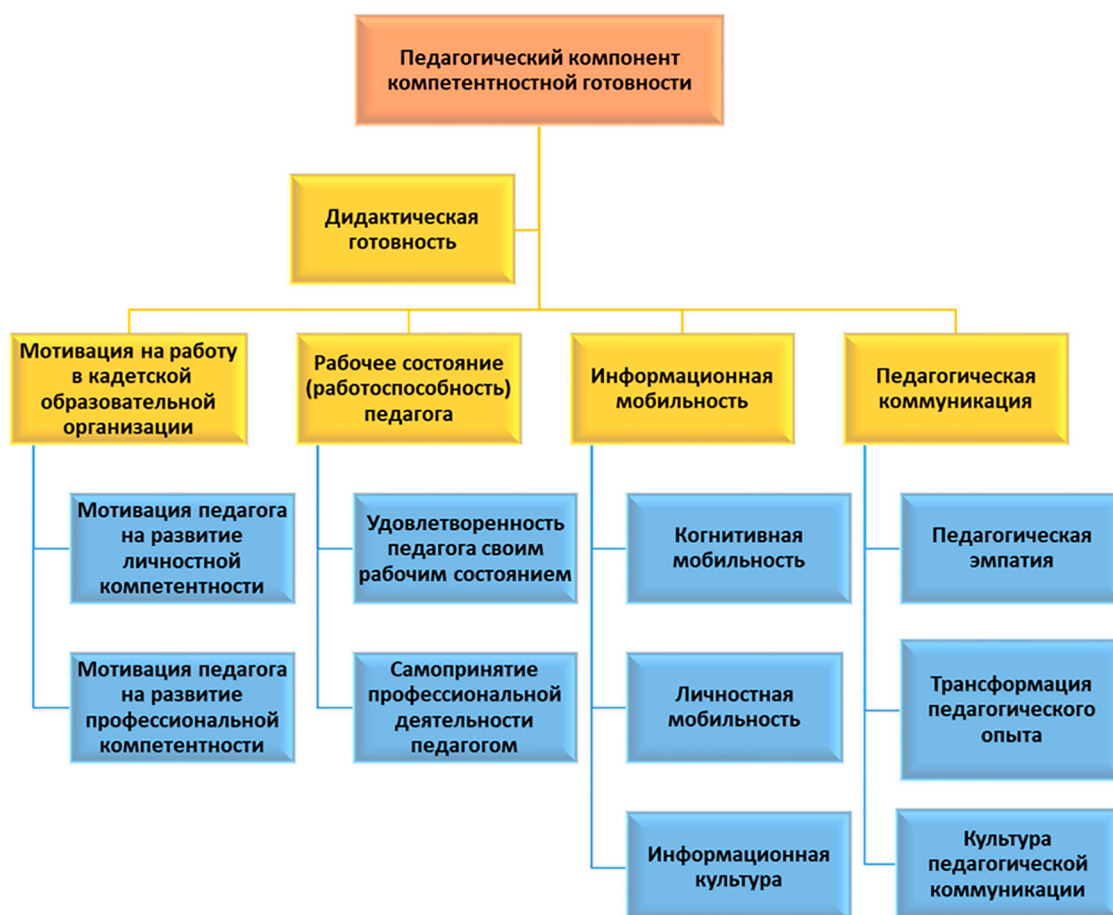


Рис. 1. Структура педагогической компетентности педагога кадетского образования
Источник: составлено автором

Современность требует активного изучения педагогами все новых и новых технологий, внедрения их в процесс обучения, прогнозирования возможных результатов и объективной оценки эффективности применения. Как следствие, возникает необходимость формирования у педагогов кадетского образования такого качества, как *информационная мобильность* – комплексная личностная характеристика, выражающаяся в способности оперативно воспринимать и эффективно применять информацию, а также быстро адаптироваться к новым цифровым и информационным средам, опираясь на накопленный профессиональный опыт [12].

Информационная мобильность педагога складывается из его когнитивной и личностной мобильности. Понятие когнитивной мобильности раскрывается как комплексное личностное свойство, которое проявляется в умении педагога адаптивно и продуктивно действовать в ситуации постоянных изменений современной образовательной практики [13]. *Когнитивная мобильность педагога кадетского образования* рассматривается как способность адаптироваться к изменениям кадетской образовательной среды через совершенствование собственной системы знаний и за счет оперативно-го получения и обработки профессионально-необходимой информации. К основным характеристикам личностной мобильности относят активность, гибкость, способность к быстрой смене деятельности, готовность к саморазвитию. Л.А. Амирова понимает личностную мобильность как сложный психологический конструкт, основанный на системе ценностей и смыслов, который проявляет разную степень активности в ответ на вызовы внешней среды в различные периоды жизни человека [14]. *Личностная мобильность педагога кадетского образования* определяется как способность свободно адаптировать деятельность на основе собственного опыта и системы знаний к новым профессиональным условиям, быстрым темпам развития системы образования в целом и кадетской образовательной среды в частности, а также меняющимся требованиям к уровню мастерства педагога.

Информационная культура педагога кадетского образования представляет собой комплексное качество, сочетающее теоретические знания и практические умения для организации полноценного диалога в образовательном пространстве. *Педагогическая коммуникация педагога* базируется на системе теоретических знаний: психологии межличностного взаимодействия, норм профессиональной коммуникации, современных технологий общения. Неуме-

ние выстраивать коммуникацию в педагогической деятельности ведет к неизбежным конфликтам, ошибкам и профессиональной несостоятельности [15].

Педагогическая коммуникация включает трансформацию педагогического опыта, как переход скрытого (имплицитного) знания в явную (эксплицитную) форму с последующей трансляцией этого знания обучающимся. Ключевыми аспектами данного процесса являются педагогическая эмпатия (способность педагога к децентрации, осознанное сопереживание), развитая коммуникативная культура и когнитивное понимание ученика. Важное значение в трансформации опыта имеет процесс смыслообразования, который представляет диалогическое взаимодействие между содержанием учебного материала и педагогом; генерацию новых смыслов через рефлексии личного опыта и целеполагание как основу смысловой организации деятельности педагога. Смысловая природа педагогической деятельности характеризуется выраженной целевой направленностью, четко определенным функциональным назначением, ценностно-смысловой ориентацией образовательного процесса. Условиями педагогической коммуникации в кадетской образовательной среде являются развитие мотивационно-ценностных установок на реализацию коммуникативной компетентности, формирование информационной культуры и грамотности педагога, реализация паритетных отношений на уровне межсубъектного взаимодействия, поддержка преемственности в учебно-информационной и коммуникативной деятельности педагогов за счет внедрения подходов, способствующих развитию их коммуникативных компетенций и профессиональному сопровождению [16; 17].

Профиль компетентностной готовности педагога кадетского образования составляется на основе авторского диагностического комплекса «Навигатор становления». При выделении критериев диагностики исходили из того, что они должны быть раскрыты через показатели, отражающие динамику измеряемого качества, а также охватывать основные виды профессиональной деятельности педагога кадетского образования. Были выделены дефицитный и достаточный уровни становления педагога кадетского образования. Внутри каждого уровня реализуется принцип преемственности, каждый уровень является основой более высокого уровня становления педагога. Определение педагогической составляющей профиля компетентностной готовности педагога кадетского образования можно провести по результатам оценки выделенных показателей (рис. 2).

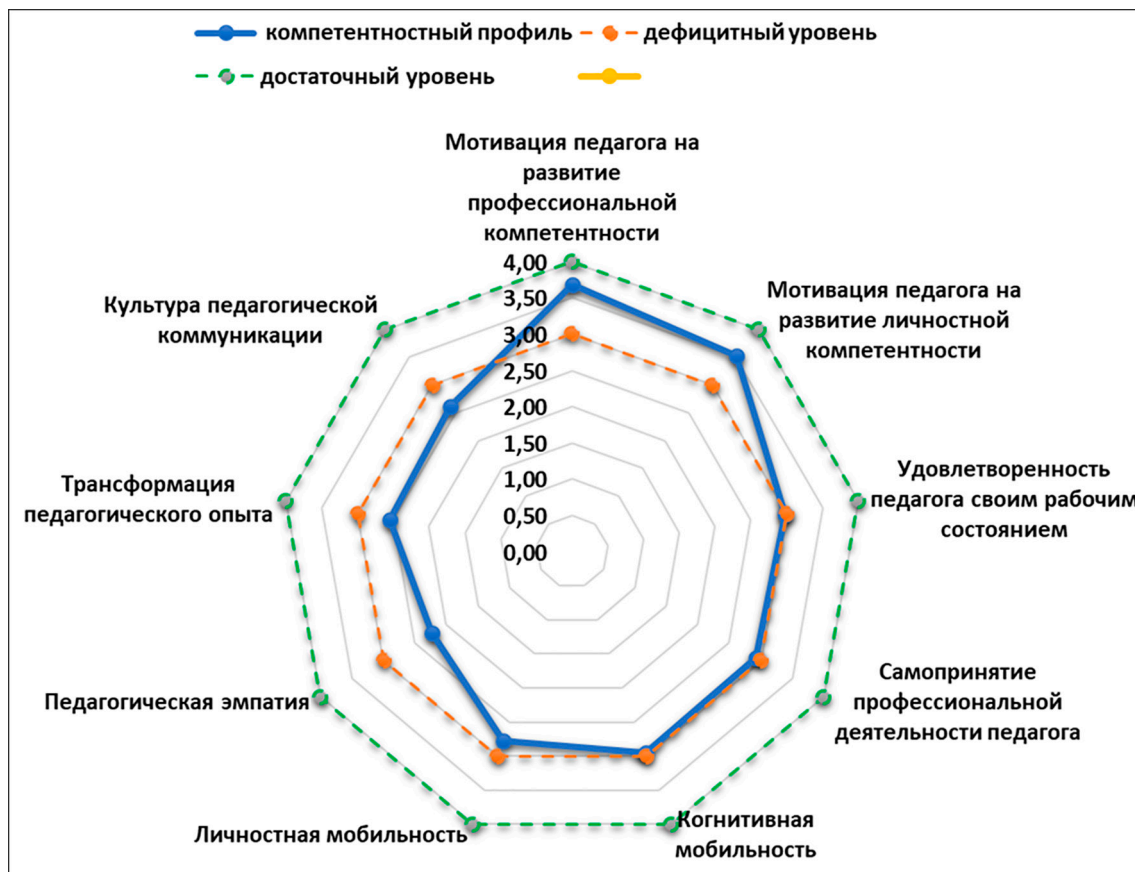


Рис. 2. Компетентностный профиль педагога кадетского образования
Источник: составлено автором

Согласно представленным данным, можно говорить о преобладании мотивационных характеристик педагогической компетентности, определяющих эффективность работы педагога в кадетской образовательной организации через осознание значимости кадетского образования, интерес к профессии и стремление к личностно-профессиональному росту.

Наименее выделены показатели педагогической коммуникации, что не является характерным для представителей педагогической профессии. Очевидно, это объясняется строгой иерархией и принципами подчинения в воинской среде, свойственной для кадетских учреждений. Показатель рабочего состояния педагогов занимает среднее положение, это может свидетельствовать об удовлетворенности и принятии педагогами своей деятельности в кадетском образовании. Показатель информационной мобильности также находится на среднем уровне, что говорит о способности педагогов гибко реагировать на меняющиеся условия. Выделенные компетентности, с одной стороны, служат

ориентирами для профессионального роста педагога, с другой – представляют собой ключевые области при подготовке и адаптации педагогов, вступающих в систему кадетского образования.

Определение педагогического компонента компетентностного профиля педагога помогает выделить имеющиеся у него профессиональные дефициты и составить персонализированную программу обучения. Процесс компенсации дефицитов может осуществляться с помощью как традиционных, так и инновационных методов обучения. К традиционным относятся лекции, беседы, семинары, круглые столы и иные подобные формы. При этом в рамках таких форматов, как лекция или семинар, могут использоваться разнообразные педагогические технологии и методики. К инновационным методам относят технологии активного обучения, которые подразделяются на три категории: дискуссионные, игровые и методы педагогического тренинга.

Так, например, в Санкт-Петербургском кадетском военном корпусе имени князя

Александра Невского с 2020 года проводятся ежегодные научно-практические семинары для сотрудников кадетских образовательных учреждений Министерства обороны Российской Федерации, посвященные развитию инновационных образовательных технологий. Цели семинара включают: обмен передовым опытом в области инновационных подходов к кадетскому образованию; выявление стратегических направлений совершенствования кадетского образования, анализ проблем и перспектив применения современных образовательных технологий. Педагоги, принимающие участие в этих семинарах, получают возможность проработать выявленные профессиональные дефициты, подготовив свои выступления, участвуя в мастер-классах или слушая доклады коллег [18].

Заключение

В условиях обновления и развития кадетского образования определение компетентностного профиля педагога в целом и его педагогического компонента в частности позволяет создать индивидуальные критерии оценки профессиональной деятельности педагогов, а также выстроить перспективные направления их профессионального роста с учетом запросов профессионального сообщества и непосредственных участников учебного процесса.

Список литературы

1. Ярычев Н.У. Методологические основания разработки компетентностного подхода в современной педагогике // Мир науки, культуры, образования. 2025. № 1(110). С. 76-77. DOI: 10.24412/1991-5497-2025-1110-76-77. EDN: TUPIOQ.
2. Македошина Н.А. Реализация компетентностного подхода в практиках подготовки специалистов нового поколения // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. 2022. № 1. С. 75-80. DOI: 10.24412/1994-3776-2022-1-75-80. EDN: SCUSOC.
3. Бережнов Г.В., Ширяева Ф.А. Методология управления по компетенциям как современный подход к управлению персоналом организации // Экономические системы. 2024. Т. 17, № 4. С. 135-145. DOI: 10.29030/2309-2076-2024-17-4-135-145. EDN: BHSVMA.
4. Храмова Е.В. От культивации компетенций до построения персональных профилей компетенций молодых специалистов // Modern Economy Success. 2023. № 5. С. 305-312. EDN: VKNKNG.
5. Голуб Г.Б., Прудникова В.А., Фишман Л.И., Фишман И.С. Профиль универсальных компетенций педагогов со средним профессиональным образованием как отражение запросов работодателей // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 215-225. DOI: 10.55355/snv2023122303.
6. Авдеева Н.Н., Кочетова Ю.А., Климакова М.В. Мягкие навыки: концепции, проблемы, исследования // Современная зарубежная психология. 2025. Т. 14, № 1. С. 57-68. DOI: 10.17759/jmfp.2024000002. EDN: QITTNV.
7. Широких О.Б. Фундаментализм и утилитаризм подготовки педагога в современности и истории образования // Педагогическое образование и наука. 2025. № 2. С. 62-68. DOI: 10.56163/2072-2524-2025-2-62-68. EDN: MOJLKM.
8. Царев И.Н. Формирование ценностных ориентаций воспитанников кадетского военного корпуса: дис. ... канд. пед. наук. Великий Новгород, 2020. 179 с.
9. Сухомлинский В.А. Этюды о коммунистическом воспитании. Слово учителя о воспитании нравственности // Народное образование. 2013. № 5(1428). С. 322-325. EDN: QIVDAV.
10. Худова В.И. Понятие и показатели работоспособности педагога // Образование взрослых в условиях современности: проблемы и перспективы: сборник научных статей (Екатеринбург, 07 декабря 2016 года). Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2016. С. 78-82. EDN: YGMCMX.
11. Стрижакова О.В. Орлов В.А. О сущности понятия «работоспособность человека» // Культура физическая и здоровье. 2024. № 1(89). С. 163-166. DOI: 10.47438/1999-3455_2024_1_163. EDN: OQPWGU.
12. Мутраков О.С., Зайнашева З.Г. Информационная и корпоративная мобильность предприятий сферы услуг // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2019. № 6(150). С. 168-172. EDN: JRAFYB.
13. Сафронова Ж.С., Бразевич Д.С., Кошелева Т.Н. Когнитивная мобильность в структуре интеллектуального потенциала личности // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2020. № 5. С. 47-51. DOI: 10.20339/AM.05-20.047. EDN: OFVSFZ.
14. Амирова Л.А., Амиров А.Ф. Профессиональная мобильность личности: методология исследования и развития. Воронеж: АртПринт, 2021. 132 с. ISBN 978-5-6044681-9-7. EDN: PQCPJK.
15. Бектуров, Т.М., Турлыбекова Г. Важность коммуникативной компетентности педагога в его профессии // Актуальные вопросы образования и науки. 2022. № 1(73). С. 36-38. EDN: IOAPU.
16. Инютина Т.С. Дидактическое сопровождение развития информационно-коммуникативной компетентности педагогических работников // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 17, № 4. С. 16-23. DOI: 10.21209/2658-7114-2022-17-4-16-23. EDN: MEYQMI.
17. Рыбакова Н.А. Информационно-коммуникативная компетентность преподавателя: проблемы развития и реализации в условиях цифрового образования // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2021. № 3. С. 77-81. DOI: 10.20339/AM.03-21.077. EDN: IZZTGT.
18. Марковская Е.А. Педагогическая технология комплексного сопровождения этапов становления педагога кадетского образования // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. №12 (150). URL: <https://research-journal.org/archive/12-150-2024-december/10.60797/IRJ.2024.150.30> (дата обращения: 27.06.2025). DOI: 10.60797/IRJ.2024.150.30.

УДК 37.013.32:004.8
DOI 10.17513/snt.40471

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ: РИСКИ НЕКОРРЕКТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Пустовойтов В.Н., Дубицкая Е.В., Шлома А.В.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
Брянск, e-mail: vnpnov@gmail.com

Искусственный интеллект играет все большую роль в образовании. В статье сделана попытка обобщить возможные угрозы и риски некорректного использования генеративных моделей субъектами образования. Исследование опирается на концептуальные идеи информатизации образования, а также на анализ статистических данных и практики использования генеративных технологий в сфере образования. Отмечено, что негативные последствия использования нейросетей в образовании связываются как с несовершенством существующих моделей, так и со стремительно нарастающим, но недостаточно контролируемым влиянием искусственного интеллекта на систему образования. Определены и проанализированы проблемы широкого использования генеративных моделей в сфере образования: риски социально-воспитательного характера, вызовы традиционной системе образования, угрозы развития личностных дисфункций у подрастающего поколения. Среди направлений предупреждения негативных последствий использования нейросетей в образовании названы: формирование у обучающихся способности и готовности корректного использования генеративных моделей в учебно-познавательной и в будущей профессиональной деятельности; разработка стратегий, технологий и методик включения в учебно-воспитательный процесс искусственного интеллекта как эффективного многофункционального дидактического средства; целенаправленная подготовка педагогов к использованию возможностей генеративных технологий в образовательном процессе. Сделан вывод: разработка стратегий и механизмов предупреждения угроз некорректного системного использования искусственного интеллекта в образовании требует объединения усилий политиков и правоведов, интеграции потенциала ученых-дидактов, педагогов-практиков, технических экспертов и разработчиков генеративных моделей.

Ключевые слова: информатизация образования, искусственный интеллект, сгенерированный контент, некорректное использование нейросети

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: RISKS OF INCORRECT USE

Pustovoytov V.N., Dubitskaya E.V., Shloma A.V.

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky,
Bryansk, e-mail: vnpnov@gmail.com

Artificial intelligence is playing an increasingly important role in education. In the article, to summarize the possible risks of incorrect use of neural networks by subjects of education. The research is based on the conceptual ideas of informatization of education, as well as on the analysis of statistical data and the practice of using generative technologies in the field of education. It is noted that the negative consequences of using Artificial intelligence in education are associated both with the imperfection of existing generative models and with the rapidly increasing, but insufficiently controlled, influence of Artificial intelligence on the education system. The issues related to the widespread adoption of Artificial intelligence in the field of education were identified and analyzed: risks of a socio-educational nature, problems of the traditional education system, threats to the development of personal dysfunctions in the younger generation. Ways to prevent negative consequences of using artificial intelligence in education are named: formation of students' readiness for the correct use of models in educational, cognitive and future professional activities; development of strategies, technologies and methods for integrating Artificial intelligence into the educational process as an effective multifunctional didactic tool; targeted training of teachers for the use of Artificial intelligence technologies in the educational process. The conclusion is drawn: the development of strategies and mechanisms to prevent threats of incorrect systemic use of Artificial intelligence in education requires the combined efforts of politicians, lawyers, integrating the potential of didactics, educational practitioners, technical experts and developers of Artificial intelligence models.

Keywords: informatization of education, artificial intelligence, generated content, incorrect use of neural networks

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) де-факто интегрирован во все сферы жизни современного человека. Его значимость в современном обществе трудно переоценить – использование возможностей генеративных технологий становится нормой жизни россиян. По данным ВЦИОМ (декабрь 2024 г.): «94 % россиян в той или иной степени ин-

формированы о технологиях искусственного интеллекта» [1].

Значимую роль ИИ играет в образовании. Уже сегодня специалисты (например, [2, 3]) говорят о влиянии нейросетей на традиционную модель обучения – использование ИИ вносит коррективы как в методы и формы обучения, так и в содержание образования, отмечается усиление влияния

генеративных технологий на процессы социализации и воспитания подрастающего поколения [4, 5]. В перспективе, и это уже очевидно, влияние ИИ на все компоненты педагогической системы будет только нарастать, не только внося позитивные изменения в систему образования, но и создавая определенные риски и вызовы. Возможные негативные последствия требуют глубокого осмысления как в контексте современности, так и в контексте выявления и прогнозирования долгосрочных рисков влияния ИИ на образование.

Цель исследования – обобщить возможные угрозы и риски некорректного использования ИИ в образовании.

Материалы и методы исследования

Основой для выводов и обобщений служат концептуальные идеи информатизации образования, представленные в трудах отечественных и зарубежных исследователей, положения этики использования технологий ИИ в образовании, а также статистические данные и анализ практики использования генеративных технологий в образовании.

В ходе исследования использованы следующие методы: терминологический анализ, синтез, обобщение, классификация.

Результаты исследования и их обсуждение

Использование технологий ИИ и педагогами, и обучающимися стало нормой. Педагог имеет возможность средствами ИИ действенно обеспечить реализацию индивидуального подхода в обучении и воспитании, методически «приблизить» учебно-воспитательный процесс к ожиданиям, интересам и потребностям обучающегося, оптимизировать академическую нагрузку и др. Школьники и студенты используют возможности нейросетей для обработки различных видов данных, для контроля и проверки выполнения учебных заданий, при подготовке работ по гуманитарным и решению задач по естественно-научным дисциплинам; функционально современные модели ИИ позволяют обучающимся спланировать подготовку проекта и курсовой работы, автоматизировать рутинные операции.

Однако наряду с возможностями широкое привлечение возможностей генеративных моделей в образование несет на себя риски и негативные последствия как оперативного, так и долгосрочного характера.

Влияние ИИ на систему образования носит комплексный характер [2]. Учитывая, что сфера образования сопряжена со всеми сторонами общественной жизни, с тенден-

циями развития общества, целесообразно анализировать риски и угрозы, связанные с внедрением ИИ в образование, как открытую систему. Данная система включает в себя не только современные (уже проявившиеся) проблемы использования ИИ, но и долгосрочное возможное негативное влияние ИИ на систему образования, ее субъектов.

С учетом особенностей созревания психики человека в подростковом и юношеском возрасте, а также степени использования ИИ-технологий молодежью (86–87% молодых людей используют генеративные модели [6]; 79% пользователей в возрасте 18–24 лет доверяют сгенерированному контенту [1]), очевидно, что потенциально наиболее подвержено влиянию ИИ именно подрастающее поколение. Угрозы и вызовы возможного негативного влияния ИИ-решений в сфере образования целесообразно рассмотреть как минимум в трех аспектах:

- проблемы и риски социально-воспитательного характера;
- вызовы традиционной системе образования;
- угрозы развития личностных дисфункций у подрастающего поколения.

Социальные последствия использования ИИ анализируются многими признанными учеными, влиятельными общественными деятелями и политиками [7, 8]. Масштабная интеграция ИИ в современную жизнь признается гуманитарной проблемой XXI в.: «системы ИИ с конкурентоспособным с человеком интеллектом могут представлять серьезную угрозу для общества и человечества» [9].

Изучение социально-воспитательного влияния ИИ на формирование мировоззрения подрастающего поколения в научных исследованиях акцентировано на нескольких проблемах. Среди них: соблюдение личной конфиденциальности, проблемы «алгоритмической предвзятости» и воспроизводства ИИ-системами социальных стереотипов [10, 11]. Первопричина угроз данного характера в целом известна: системы машинного обучения основаны на использовании больших массивов данных (в том числе персонального характера), отбор которых ведет человек, имеющий свои взгляды на жизнь и общество. Тем самым вольно или невольно уже на начальном этапе разработки генеративных моделей в них закладывается информация о фактах, процессах и явлениях действительности с определенной долей субъективизма. Впоследствии «творческая» генерация контента нейросетью не исключает воспроизведение ИИ-моделями заложенных социальных стереотипов через распространение дезинформа-

ции, персонализированного контента, «социальных доказательств» и др.

В контексте воспитательного влияния генеративных технологий на подростков и молодежь необходимо выделить угрозы, связанные с манипулированием генерируемым контентом. Как показывает анализ научных исследований, манипулирование уже сегодня возможно как со стороны человека, так и со стороны ИИ [12]. В частности, модели ИИ могут использоваться заинтересованными институтами или группами, разрабатывающими или финансирующими разработки ИИ, для оказания влияния на ценностные ориентации и взгляды пользователей [13]. Например, корпорации – разработчики моделей ИИ, осуществляя его «обучение» без должного контроля со стороны государства, общества, без сотрудничества с педагогами и психологами, имеют возможность активно внедрять в образовательную сферу решения, удовлетворяющие в значительной степени корпоративным интересам (например, акцентируя преимущественно на предметных результатах обучения при игнорировании воспитательной составляющей).

Независимо от первопричины, предвзятая генерация информации несет потенциал негативного влияния на формирующееся мировоззрение подростков и юношей. В силу своих возрастных особенностей они воспринимают представленную ИИ информацию как объективную, используют ее, как правило, без должного критичного осмысления. Тем самым создаются условия для формирования у молодежи «навязанных» (в том числе деструктивных) взглядов, представлений и ценностных ориентаций, навыков некритичного воспроизводства стереотипов. В долгосрочной перспективе возрастает риск переноса нынешним молодым поколением в реальную жизнь сформированной привычки безоговорочного доверия информации, риск некритичного осмысления действительности.

Стремительная интеграция технологий ИИ в образовании влечет ряд вызовов традиционному процессу формального образования, его организации [14].

Анализ школьной и вузовской практики свидетельствует о росте некорректного использования генеративных моделей школьниками и студентами для написания эссе, рефератов, курсовых, выпускных квалификационных работ, выполнения домашних работ, решения задач, выполнения творческих заданий и др. Исследования показывают, что только 12,5% опрошенных студентов вузов не используют ИИ, каждый четвертый (39%) «доверит ИИ подготовку

дипломных и выпускных работ», две трети опрошенных «хотят, чтобы он выполнял письменные задания... практические и лабораторные работы» [15]. Об активном использовании школьниками нейросетей свидетельствует и статистика общего образования: только треть (34%) взрослых отмечают, что их дети-школьники и дети близких или знакомых не используют ИИ «в учебе, при выполнении домашних работ» [16]. При этом, отметим, сгенерированный ИИ контент обучающимися, как правило, копируется или, в лучшем случае, переписывается без должного анализа, что, очевидно, оказывает влияние на качество предметных результатов обучения. Таким образом, самостоятельность выполнения учебного задания современным школьником или студентом вне школьного кабинета или учебной аудитории, а также оригинальность полученных результатов ставятся под вопрос. Проявляется тенденция снижения качества образовательной (в том числе предметной) подготовки обучающихся; разрушается институт традиционной домашней и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся, требуют модификации сложившиеся и апробированные методы и формы обучения.

Широкое использование ИИ в образовании, как отмечается ЮНЕСКО, создает условия для роста образовательного неравенства [17]. Неравенство в российском образовании, как видится, может проявляться в нескольких аспектах: (1) в территориальном распределении доступа к ИИ-технологиям [18]; (2) в возможностях использования моделей ИИ на коммерческой основе, различающимися как в содержании и форме генерируемой информации, так и в функционале; (3) в развитии в перспективе форм получения образования преимущественно через ИИ-сервисы (а не в процессе общения с педагогом). Решение обозначенных проблем выходит за сферу образования. Каждая из проблем специфична, в своем решении требует комплексного подхода, интеграции усилий не только (и не столько) педагогов и разработчиков генеративных моделей, но и правовых решений, системного внимания общества в целом.

Некорректное систематическое использование обучающимися ИИ несет риски для личностного развития школьников и студентов – потенциально способно провоцировать развитие деструктивных личностных качеств, социальных, когнитивных и эмоциональных нарушений у обучающейся молодежи. В частности, исследователями отмечаются проблемы академической честности применения ИИ обучающимися

в выполнении учебных заданий [19] (и, соответственно, риски искаженного развития личностных качеств). Систематическое использование генеративных моделей школьниками и студентами при выполнении учебных заданий способствует формированию у них привычки замены своей мыследеятельности обращением к возможностям нейросетей, развитию «академической лени», апатии к познанию. Вследствие стремления полагаться на готовые решения у обучающегося может формироваться психологическая зависимость от ИИ, снижаться уровень креативности и способности к самостоятельному осмыслению ситуации, выдвижению гипотез, принятию взвешенных решений, могут не получать развития умения планирования; в итоге возможно формирование неспособности личности к эффективной адаптации в жизни.

Потенциально систематическое использование ИИ подростками и юношами может оказывать негативное влияние на развитие у них когнитивных навыков. Процессы анализа и синтеза, абстрагирования и конкретизации, классификации, обобщения, сравнения – ключевые мыслительные операции, составляющие основу мыследеятельности человека, – формируются, как известно, в процессе деятельности (А.Н. Леонтьев и др.). Постоянное обращение к генеративным моделям (с учетом копирования школьником, студентом сгенерированной информации и некритичного ее использования) обедняет разнообразие мыслительной деятельности обучающегося, не способствует развитию у него названных операций мышления, оказывает негативное влияние на способность обработки информации в целом [20].

Постоянное использование подростком, юношей генеративных моделей обработки естественного языка «в качестве собеседника» создает риск сворачивания естественных контактов, может способствовать развитию различных нарушений межличностного взаимодействия [21] и, очевидно, расстройству контроля побуждений (как при патологическом гейминге). Современные модели ИИ безэмоциональны, что также негативно сказывается на формируемых у молодых людей коммуникативном опыте и эмпатии.

Проведенный анализ угроз и вызовов подтверждает сделанные авторами ранее выводы [22] и позволяет наметить следующие направления в решении проблем предупреждения негативных последствий некорректного использования моделей ИИ в образовании:

– формирование у обучающихся способности и готовности корректного использования моделей ИИ в учебно-познавательной и, в перспективе, в профессиональной деятельности. Выполнение данного требования предполагает, с одной стороны, целенаправленное обучение школьников и студентов корректному использованию моделей ИИ в учебно-познавательной деятельности, а с другой, формирование у обучающихся осознания места и значимости ИИ в современной жизни и одновременно уверенности в необходимости навыков критического осмысления всех решений, предлагаемых нейросетями;

– разработка стратегий и технологий включения в учебно-воспитательный процесс ИИ как эффективного многофункционального дидактического средства. Выполнение данной задачи, очевидно, предполагает строгое соблюдение ряда требований. Среди них: требование целесообразности и методической обоснованности применения технологий ИИ в образовательном процессе, органичности интеграции ИИ и традиционных моделей обучения и воспитания, учета подготовленности, индивидуальных и возрастных особенностей обучающихся, обеспечения «открытости» использования ИИ и информационной безопасности субъектов образования и др.;

– целенаправленная подготовка учителя, воспитателя к использованию возможностей технологий ИИ в образовательном процессе. У современного педагога необходимо сформировать не только навыки ввода промптов нейросети, но и прочное осознание того, что все варианты решений ИИ должны быть критически осмыслены и проанализированы человеком; необходимо научить учителя, воспитателя использованию возможностей ИИ в профессиональной деятельности.

Заключение

Несовершенство современных ИИ-технологий, отбор баз данных для «обучения» нейросетей и проектирование моделей ИИ без учета потребностей конечного пользователя и возможных рисков, недостаточная разработанность алгоритмов управления рисками и неразвитость норм регулирования использования ИИ – эти и другие особенности управляемой и неуправляемой интеграции ИИ в образование несут на себе вызовы и угрозы не только сложившейся, проверенной временем модели образования, но и в итоге процессам социализации, воспитания и развития личности. Очевидно, что разработка стратегий и механизмов предупреждения угроз

системного некорректного использования ИИ-технологий в образовании требует объединения усилий политиков и правоведов, интеграции потенциала ученых-дидактов, педагогов-практиков, технических экспертов и разработчиков ИИ-моделей. В качестве целевых ориентиров предупреждения рисков и эффективного ответа на вызовы стремительной интеграции ИИ в образование представляется обоснованным взвешенный регулируемый подход к данному процессу, включающий в своей реализации целенаправленное формирование у субъектов образования осознания личной и общественной ценности образования в условиях информатизации общества, а также формирование культуры использования моделей ИИ в учебно-познавательной (обучающиеся) и профессиональной (педагоги) деятельности.

Список литературы

1. Доверие к ИИ // ВЦИОМ. 24.12.2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/doverie-k-ii> (дата обращения: 10.06.2025).
2. Влияние искусственного интеллекта на образование // АНО «Цифровая экономика», 2024. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/method/Report_II_education_2024.pdf (дата обращения: 30.05.2025).
3. Dei M.O. The impact of AI on the adaptation of educational materials and teaching methods to the needs of each student // *LatA*. 2025. Vol. 3. P. 124. DOI: 10.62486/latia2025124.
4. Ходаев А.С., Макарова Л.Н. Искусственный интеллект и социализация подростков: риски влияния // *Вестник ТГУ*. 2024. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-i-sotsializatsiya-podrostkov-riski-vliyaniya> (дата обращения: 11.06.2025).
5. Puteri S., Saputri Yu., Kurniati Ya. The Impact of Artificial Intelligence (AI) Technology on Students' Social Relations // *BICC Proceedings*. 2024. Vol. 2. 153–158. DOI: 10.30983/bicc.v1i1.121.
6. ИИ: ваш новый лучший друг? // ВЦИОМ. 3.12.2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ii-vash-novyi-luchshii-drug> (дата обращения: 30.05.2025).
7. Лексин В.Н. Искусственный интеллект как предмет и средство государственной политики // *Вестник Московского университета. Серия 12. Политические науки*. 2024. № 2. С. 71–93. DOI: 10.55959/MSU0868-4871-12-2024-2-2-71-93.
8. European Commission. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Commission Communication. 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1#_publicationDetails_PublicationDetailsPortlet_pa (дата обращения: 23.05.2025).
9. Pause Giant AI Experiments: An Open Letter. 22 March, 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/> (дата обращения: 15.06.2025).
10. Obed B., Bright B. Algorithmic bias in educational systems: Examining the impact of AI-driven decision making in modern education // *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2025. Vol. 25 (01). P. 2012–2017. DOI: 10.30574/wjarr.2025.25.1.0253.
11. Ismail I.A., Aloshi J.M. Data Privacy in AI-Driven Education: An In-Depth Exploration Into the Data Privacy Concerns and Potential Solutions // *AI Applications and Strategies in Teacher Education*. IGI Global. 2025. P. 223–252. DOI: 10.4018/979-8-3693-5443-8.ch008.
12. Dezfouli A., Nock R., Dayan P. Adversarial vulnerabilities of human decision-making // *Psychological and cognitive sciences*. 2020. Vol. 11, Is. 46. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.2016921117> (дата обращения: 03.06.2025).
13. Зиньковская А.В., Оломская Х.Н. Манипуляция сознанием посредством искусственного интеллекта как гуманитарная проблема XXI века // *Российский социально-гуманитарный журнал*. 2024. № 1. DOI: 10.18384/2224-0209-2024-1-1386.
14. Казарян А.Ю. Искусственный интеллект в процессах образования и обучения, положительные и отрицательные стороны // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 11–2 (86). URL: <http://intjournal.ru/wp-content/uploads/2024/01/Kazaryan.pdf> (дата обращения: 31.05.2025).
15. ИИ в образовании: как преодолеть соблазн готовых решений / Новости образования в НИУ ВШЭ. 22 апреля 2025 // Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru/news/edu/1038459152.html> (дата обращения: 28.06.2025).
16. Искусственный интеллект в школе: добро или зло? // ВЦИОМ. 21.04.2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyy-intellekt-v-shkole-dobro-ili-zlo> (дата обращения: 28.06.2025).
17. Global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms? // UNESCO Digital Library website. 2023. 526 p. DOI: 10.54676/UZQV8501.
18. Искусственный интеллект: угроза или светлое будущее? // ВЦИОМ. 28.12.2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyy-intellekt-ugroza-ili-svetloe-budushchee> (дата обращения: 20.06.2025).
19. Демин М.Р. Разработка и апробация теста для измерения неэтического академического поведения студентов // *Вестник практической психологии образования*. 2023. Т. 20. № 4. С. 30–42. URL: https://psyjournals.ru/journals/bppe/archive/2023_n4/Demin (дата обращения: 30.06.2025).
20. Nidugonda P., Shaik Sh. The Digital Influence ChatGPT and its Role in Shaping Youth Cognitive Processes and Decision-Making // *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 2025. Vol. 10. P. 1283–1287. DOI: 10.38124/ijisrt/25apr987.
21. Аншина М. Эпидемия цифрового аутизма страшнее коронавируса // *БИТ. Бизнес & Информационные технологии*. 2020. № 2 (95). С. 46–58. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44489608> (дата обращения: 30.06.2025). EDN: CVAEAB.
22. Пустовойтов В.Н., Белоус Н.Н., Шубабко Е.Н. Ключевые принципы использования технологий искусственного интеллекта в общем образовании // *Современные проблемы науки и образования*. 2024. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33548> (дата обращения: 15.06.2025). DOI: 10.17513/spno.33548.

УДК 378.046.4

DOI 10.17513/snt.40472

УПРАВЛЕНИЕ ВНЕДРЕНИЕМ СИСТЕМЫ НАСТАВНИЧЕСТВА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Саитбаева Э.Р., Крисковец Т.Н., Щербовских К.А.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург,
e-mail: esaitbaeva@mail.ru

В условиях модернизации системы образования в России возрастает значение наставничества, которое является важным инструментом для развития педагогических работников и повышения качества образования в целом. В то же время эффективное использование системы наставничества возможно при условии всестороннего анализа применения наставничества в образовательной организации; выявлении проблем, возникающих при его внедрении; разработке и апробации модели управления внедрением системы наставничества в образовательной организации. Цель исследования: разработка и апробация условий внедрения системы наставничества в образовательной организации. При написании статьи использовались методы теоретического анализа педагогической и методической литературы, опроса, обработки статистической информации, психолого-педагогический эксперимент. Уточнено понятие наставничества, выявлены цели, виды, принципы наставничества в образовательных организациях, разработана модель управления внедрением системы наставничества в образовательной организации. Установлено, что участие педагогов в наставнической деятельности зависит от качества ресурсной обеспеченности системы наставничества в образовательной организации. Выявлены факторы, влияющие на внедрение системы наставничества в образовательной организации, основными из которых являются: мотивационные ресурсы; нормативно-правовая база наставничества и информационные ресурсы о наставничестве. Доказана социально-экономическая эффективность предложенных мероприятий, их прибыльность и рентабельность, а значит – целесообразность к внедрению в деятельность образовательных организаций.

Ключевые слова: наставничество, управление внедрением системы наставничества, ресурсы образовательной организации

MANAGEMENT OF IMPLEMENTATION OF MENTORING SYSTEM IN AN EDUCATIONAL ORGANIZATION

Saitbaeva E.R., Kriskovets T.N., Scherbovskih K.A.

Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: esaitbaeva@mail.ru

In the context of modernization of the education system in Russia, the importance of mentoring is increasing, which is an important tool for the development of teachers and improving the quality of education in general. At the same time, the effective use of the mentoring system is possible if a comprehensive analysis of the application of mentoring in an educational organization is carried out; the problems that arise during its implementation are identified; and a model for managing the implementation of the mentoring system in an educational organization is developed and tested. The purpose of the study is to develop and test the conditions for implementing the mentoring system in an educational organization. When writing the article, the authors used methods of theoretical analysis of pedagogical and methodological literature, surveys, statistical information processing, and psychological and pedagogical experiments. The authors clarified the concept of mentoring, identified the goals, types, and principles of mentoring in educational organizations, and developed a model for managing the implementation of the mentoring system.

Keywords: mentoring, management of the implementation of the mentoring system, resources of the educational organization

Введение

Наставничество является важным инструментом для развития педагогических работников и повышения качества образования в целом. Современные учёные отмечают, что институт наставничества обладает огромным перечнем преимуществ за счёт «решения проблемы досрочного выхода педагогов из профессии, удержания учителей в профессии и поддержки молодых педагогов на этапе профессионального становления» [1, с. 3]. Наставничество содействует формированию комфортной среды развития педагогов, эффективному обмену профессиональным опытом; созданию профес-

сионального сообщества образовательной организации; развитию инноваций [1, с. 3]. В то же время исследователи рассматривают наставничество как двусторонний взаимно обогащающий процесс взаимодействия наставника и наставляемого [2, с. 4] и подчёркивают необходимость соответствующего научно-методического обеспечения подготовки наставников [3, с. 3].

Востребованность и необходимость развития данного института управления персоналом в сфере образования подчеркивают:

- Указ Президента РФ № 309 [4], в котором отмечается необходимость формирования современной системы профессиональ-

ного развития педагогических работников для всех уровней образования;

- Указ Президента Российской Федерации № 94 «Об учреждении знака отличия "За наставничество"» [5];

- учреждение Всероссийского общественного движения наставников детей и молодежи «Наставник России» [6] и др.

В то же время исследователи отмечают недостаточность ресурсной готовности организаций сферы образования к внедрению системы наставничества в школах [7].

В связи с этим **целью исследования** является разработка условий внедрения системы наставничества в общеобразовательной организации.

Материал и методы исследования:

Материал и методы исследования: теоретический анализ и синтез; моделирование («дерево целей»); опрос; SWOT-анализ; педагогический эксперимент.

В 2024 г. в МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга был проведён опрос 57 педагогов школы. В анкету были включены следующие вопросы: 1. Каковы, на Ваш взгляд, наиболее важные качества педагога-наставника? 2. Каковы, на Ваш взгляд, наиболее важные направления деятельности педагога-наставника? 3. Готовы ли Вы стать педагогом-наставником? 4. Готовы ли Вы принимать помощь от наставника, когда были молодым специалистом? 5. Как Вы считаете, достаточно ли знаний и умений у опытных педагогов школы для организации наставничества? 6. Как Вы считаете, какое время необходимо уделять в день на оказание помощи от наставника наставляющему? 7. Какие мотивы побудили бы Вас стать наставником? 8. Оцените качество ресурсной обеспеченности системы наставничества в школе по пятибалльной шкале, где 1 балл соответствует оценке «очень плохие условия для наставничества», а 5 баллов – оценке «очень хорошие условия для наставничества»: а) мотивационные ресурсы для наставничества; б) кадровые ресурсы для наставничества; в) нормативно-правовая база наставничества; г) информационные ресурсы о наставничестве; д) научно-методическая база наставничества; е) материально-техническая база; ж) финансово-экономические ресурсы для развития наставнической деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

Современные учёные анализируют успешные мировые практики наставничества в плане нормативного определения

статуса, функций, требований к педагогам-наставникам, их профессиональной подготовке и процессу сертификации [8], а также возможности использования зарубежного опыта (Финляндии, Франции, США, Великобритании) в условиях отечественной системы образования [9].

Исследователи считают, что успешность процесса адаптации молодых педагогов связана не только с качеством вузовской подготовки, но и с системой поддержки в начале профессиональной деятельности; и рассматривают разные способы наставничества и поддержки молодых педагогов [10]. В то же время наставничеству тоже надо обучать. Изучаются профессиональные дефициты педагогических работников в области наставнической деятельности; разрабатываются модели восполнения выявленных дефицитов для обеспечения профессионального роста педагогических работников [11]. Подчёркивается важность грамотной организации наставничества в образовательном учреждении [12-14].

Ознакомление со взглядами разных учёных на феномен наставничества дало возможность сформулировать авторское определение: наставничество в образовательной организации – это основанный на доверительных отношениях, взаимном уважении и коммуникационном взаимодействии процесс адаптации нового сотрудника, выражающийся в поддержке, обучении, развитии, перенимании положительного педагогического опыта данным сотрудником от более опытного специалиста, работающего в организации, с целью эффективного обучения, развития навыков, умений, знаний и практического опыта новых педагогических кадров. Полагаем, что в связи с важностью единообразного понимания рассматриваемого термина всеми заинтересованными лицами, целесообразно было бы закрепить его в положениях ст. 2 Федерального закона «Об образовании в РФ» [15].

По мнению авторов, наставничество в ОО может быть формальным (на уровне локальных актов) и неформальным (непосредственное оказание помощи новым педагогическим работникам). Наставничество в ОО должно строиться на ряде основополагающих принципов: доверия; индивидуализации; открытости и доступности; поддержки личностного и профессионального роста; целеполагания; совместного обучения; этики и конфиденциальности; рефлексии. Распространёнными видами наставничества в ОО являются: наставничество для новых учителей; наставничество среди студентов; профессиональное наставничество; кросс-дисциплинарное на-

ставничество; групповое наставничество; виртуальное наставничество; наставничество на основе проектной работы; личное наставничество; кадровое наставничество; методическое наставничество; психологическое наставничество. Основными целями наставничества в ОО принято считать: повышение качества образования, сокращение профессионального выгорания среди преподавателей, обмен опытом и знаниями, поддержка и развитие талантливой молодежи, создание позитивной и поддерживающей атмосферы в образовательном процессе. В целом наставничество играет важную положительную роль в современной системе образования РФ, поскольку предоставляет «новичкам» возможность получить поддержку и советы от более опытных коллег, что способствует их профессиональному саморазвитию, установлению профессиональных связей и может быть полезно для карьерного роста, обмена идеями и сотрудничества.

Авторами определена целесообразность внедрения системы наставничества в ОО. Для этой цели разработана модель управления, построенная в виде «дерева целей», в котором стратегическая цель (1-й уровень) направлена на создание условий для развития профессиональной компетентности педагога в системе наставничества ОО. Стратегические задачи (2-й уровень) ориентированы на создание семи видов качественных ресурсов. 3-й уровень «дерева целей» представлен комплексом мероприятий, которые необходимо осуществить по каждому виду задач и ресурсов.

Первая задача (создать мотив) нацелена на то, чтобы создать качественный мотивационный ресурс для развития профессиональной компетентности педагогов-наставников. Для этого предлагалось реализовать следующие мероприятия:

- разработать критерии начисления стимулирующей части фонда оплаты труда наставников ОО;

- использовать нематериальные стимулы мотивирования наставников и наставляемых, включая: признание и уважение (что может проявляться в благодарностях, похвалах и грамотах); личностный рост; формирование прочных связей (что может привести к долгосрочному профессиональному общению); чувство удовлетворения от осознания помощи другим людям в достижении их целей; новые идеи и перспективы наставникам от своих подопечных; возможности для саморазвития; создание положительной атмосферы и культуры обмена знаниями внутри организации; реализацию амбиций и целей.

Вторая задача (создать кадры) нацелена на то, чтобы создать качественный кадровый ресурс для развития профессиональной компетентности наставников. Профессиональные компетенции наставника обеспечивают качественную поддержку молодых педагогов и включают в себя: педагогическую компетентность; коммуникативные навыки; владение ролью коуча, помогающего молодым педагогам развивать собственные идеи и подходы к обучению; организационные навыки; аналитические способности; навыки работы в команде; умение адаптироваться к изменяющимся условиям образовательной среды и учитывать индивидуальные особенности каждого молодого специалиста; готовность к профессиональному саморазвитию; обладание этическими и психологическими компетенциями [16].

В рамках второй задачи предполагалась реализация комплекса мероприятий:

- назначить ответственное лицо, которое будет тестировать педагогические наставнические кадры, контролировать их профессиональный рост в ОО;

- определить потребности наставников ОО в повышении квалификации для целей реализации наставнической деятельности;

- сформировать социальный заказ на институциональное повышение квалификации наставников ОО.

Третья задача (создать нормы) нацелена на то, чтобы создать качественный нормативно-правовой ресурс, и предполагает разработку недостающих локальных актов (например, «Положения о наставничестве»), уточнение должностных инструкций педагогов-наставников.

В рамках четвертой задачи (создать информационный ресурс) предлагалось:

- открыть на официальном сайте ОО форум для педагогов по актуальным проблемам современного образования;

- создать на сайте ОО страницу, содержащую информационно-педагогические модули о лучшем опыте работы педагогов-наставников;

- создать на сайте ОО новый пункт меню «Наставничество», в котором будут расписаны ключевые моменты наставничества (стимулирующие выплаты, способ получения статуса «наставник», возможность подать заявку на наставничество и др.).

Пятая задача (создать методы) нацелена на то, чтобы создать качественный научно-методический ресурс для развития профессиональной компетентности педагогов-наставников. В рамках пятой задачи предлагалось реализовать комплекс мероприятий:

- создать программу внутрифирменной учёбы педагогов-наставников;

- разработать программу научно-методической конференции по проблеме наставничества;

- разработать методические рекомендации для наставников по работе с новыми педагогами и молодыми специалистами.

Шестая задача (создать материально-техническую базу) нацелена на то, чтобы:

- усовершенствовать инфраструктуру ОО (должны быть выделены специальные кабинеты для реализации наставнической деятельности);

- обновить парк компьютеров и программного обеспечения, используемого для наставнической деятельности;

- закупить современное телекоммуникационное и интерактивное оборудование.

Седьмая задача (создать финансы) нацелена на то, чтобы создать качественный финансово-экономический ресурс для развития наставнической деятельности в ОО. В рамках седьмой задачи предлагалось реализовать комплекс следующих мероприятий:

- усовершенствовать систему получения внебюджетных средств, реализующихся на стимулирующие выплаты наставникам;

- осуществить поиск средств через привлечение частных инвесторов;

- осуществить контроль в ОО за расходованием денежных средств на наставническую деятельность.

Авторы полагают, что разработанная модель управления внедрением системы наставничества в образовательной организации позволит существенно ускорить профессиональное развитие молодых специалистов и повысить качество работы образовательной организации.

Для оценки предпосылок реализации модели управления внедрением системы наставничества в МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга были использованы методы стратегического анализа, которые выявили следующее.

- Систему управления персоналом школы характеризует положительная динамика коэффициента приёма кадров; рост коэффициента текучести персонала и снижение коэффициента постоянства кадров.

- SWOT-анализ показал, что, используя свои сильные стороны, а также имеющиеся возможности, МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга имеет положительные предпосылки внедрения модели управления системой наставничества при условии борьбы с угрозами и слабыми сторонами.

- С помощью диаграммы Исикавы визуализированы причинно-следственные связи решения задач наставничества в школе.

- Принимавшие участие в анкетировании педагоги на вопрос о том, готовы ли они принимать помощь от педагога-наставника, в большинстве своём ответили положительно (56,14% от числа всех опрошенных). На вопрос о том, какие мотивы необходимы, чтобы педагог стал наставником, большинство назвали полную укомплектованность ресурсной базы учреждения (71,93%) и материальное стимулирование (56,14%).

- Педагоги оценили качество ресурсной обеспеченности системы наставничества в школе по пятибалльной шкале. Средний балл всех оценок показал, что хуже всего педагогами оцениваются мотивационные ресурсы (1,95 б.), нормативно-правовая база наставничества (1,28 б.) и информационные ресурсы о наставничестве (2,11 б.). Соответственно, особого внимания для совершенствования управления внедрением системы наставничества в ОО будут требовать следующие мероприятия:

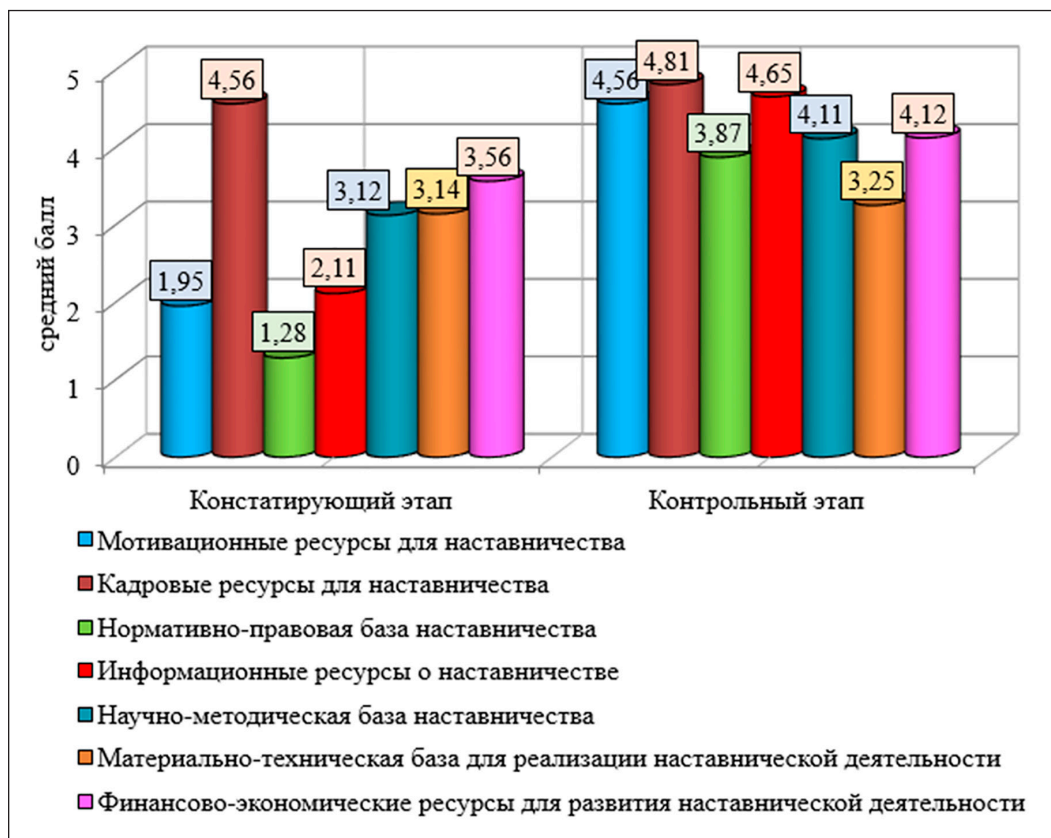
- разработка и внедрение критериев начисления стимулирующей части фонда оплаты труда для наставников ОО;

- разработка и внедрение локального акта («Положение о наставничестве»);

- создание на сайте образовательной организации нового пункта меню «наставничество», в котором будут расписаны ключевые моменты наставнической деятельности в школе, а именно: размеры стимулирующих выплат, особенности получения статуса «наставник», возможность подать заявку на наставничество и др.

В рамках первого мероприятия предлагалось внедрить стимулирующие надбавки для педагогов за наставничество. В различных источниках стимулирующие выплаты за наставничество в российских школах варьируются в пределах от 2 тыс. руб./мес./чел. до 7 тыс. руб./мес./чел. Возьмем среднее значение 4,5 тыс. руб./мес./чел.

В различных источниках также отмечается, что наиболее рациональными следует считать условия, при которых на 1 чел. наставника приходится не более 2 чел. молодых педагогических работников, соответственно, с оптимальной наставнической работой по 30 мин./чел./день. (Период наставнической работы для одного молодого учителя (наставляемого) – 1 год). Так, если на данный момент в организации работает порядка 20 чел. молодых специалистов-педагогов, то наставнической деятельностью должны заниматься, соответственно, 10 чел. Тогда расходы на стимулирующие выплаты составят 540 тыс. руб./год (источник финансирования – собственные финансы от оказания платных образовательных услуг).



*Результаты оценки педагогами качества ресурсной обеспеченности системы наставничества в школе до и после формирующего эксперимента
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования*

Для оценки экономического эффекта заметим, что по итогам 2024 финансового года в МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга было оказано платных услуг на сумму 5 560 тыс. руб./год для 1880 учеников, то есть на 1 ученика приходится доход в среднем 2957 руб./год/чел.

В научной среде отмечается, что наставничество способно существенно улучшить качество оказания образовательных услуг, в том числе платных, что приводит к росту числа обучающихся, пользующихся платными образовательными услугами школы, в среднем на 12% [14; 17]. Предположим, что данный эффект будет наблюдаться в МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга и число учеников, пользующихся платными услугами, вырастет на 300 чел. Тогда полученный доход может составить около 887 тыс. руб./год. Учитывая расходы на наставничество, эффект от мероприятия составит 367 тыс. руб. Рентабельность мероприятия, соответственно, равна 40,46%.

В рамках второго мероприятия разработано и внедрено в деятельность школы «Положение о наставничестве», которое

включает: 1. Общие положения; 2. Основные понятия; 3. Цели и задачи наставничества; 4. Принципы наставничества; 5. Порядок организации наставничества; 6. Требования к педагогам-наставникам; 7. Особенности получения статуса «наставник»; 8. Стимулирование наставнической деятельности; 9. Обязанности наставника; 10. Обязанности наставляемого; 11. Заключительные положения [7].

В рамках третьего мероприятия усовершенствован дизайн официального сайта МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбурга с новым пунктом меню «Наставничество», в котором расписаны размеры стимулирующих выплат, особенности получения статуса «наставник», условия подачи заявки на наставничество и др.

Повторный опрос педагогов школы о качестве ресурсной обеспеченности внедрения системы наставничества в ОО продемонстрировал положительные изменения (рисунок).

Заключение

Таким образом, разработана и апробирована в МОАУ «СОШ № 89» г. Оренбур-

га модель управления внедрением системы наставничества в образовательной организации. Подробно рассмотрены и внедрены три мероприятия в рамках предложенной модели: разработка и внедрение критериев начисления стимулирующей части фонда оплаты труда для наставников школы; разработка и внедрение локального акта («Положение о наставничестве»); создание на сайте ОО нового пункта меню «Наставничество».

Осуществлена социально-экономическая оценка эффективности предложенных мероприятий. Расчеты показывают, что экономический эффект от реализации сформулированных предложений может составить порядка 347 тыс. руб., рентабельность стимулирующих мер равна 40,46%. Социальная эффективность проявляется в том, что педагога стали лучше оценивать мотивационные ресурсы для наставничества (с 1,95 до 4,56 б.); с 1,28 до 3,87 б. улучшилась оценка локальной правовой базы наставничества; выше стали оцениваться информационные ресурсы о наставничестве (с 2,11 до 4,65 б.). Следовательно, предложенные мероприятия экономически и социально обоснованы, а значит целесообразны к внедрению в деятельность других образовательных организаций.

Список литературы

1. Игнатова Е.В. Реализация наставничества над молодыми педагогами в России и США: сравнительный анализ: дис. ... канд. пед. наук. Саранск, 2023. 185 с.
2. Ирисметова И.И. Формирование готовности наставников к непрофессиональной педагогической деятельности на предприятиях: дис. ... канд. пед. наук. Казань, 2023. 197 с.
3. Фаляхов И.И. Научно-методическое обеспечение подготовки наставников для дуального обучения студентов колледжей: дис. ... канд. пед. наук. Казань, 2018. 180 с.
4. Указ Президента РФ от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 10.07.2025).
5. Указ Президента РФ от 02.03.2018 г. № 94 «Об учреждении знака отличия «За наставничество»» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201803050003?ysclid=mcxf3q5c6b348281274> (дата обращения: 10.07.2025).
6. Всероссийское общественное движение наставников детей и молодежи «Наставник России» [Электронный ресурс]. URL: <https://nastavnikrossii.ru> (дата обращения: 10.07.2025).
7. Сайтбаева Э.Р., Щербовских К.А. Наставничество как компонент современной системы российского образования // Гуманитарное проектирование системы непрерывного образования: материалы X Международной научно-практической конференции (г. Оренбург, 13 апреля 2023 г.). Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2023. С. 156-163. URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/14863/1/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%202023%20%D0%93%D1%83%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%98%D0%A1%D0%91%D0%9D%20233.pdf> (дата обращения: 17.07.2025).
8. Бывшева М.В., Постникова А.А. Наставничество & Менторство: модели сопровождения профессионального роста молодых педагогов // Педагогическое образование в России. 2023. № 3. С. 151-157. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54516845&ysclid=md776p0a44184617866> (дата обращения: 17.07.2025).
9. Тихонова Н.В., Ратнер Ф.Л., Вергасова И.Я. Наставничество в образовании: анализ зарубежных практик и их применимость в условиях России // Образование и наука. 2024. № 5 (26). С.124-151. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-5-124-151.
10. Шалагина Е.В., Прямыкова Е.В. Проблемы профессиональной адаптации и интеграции молодых педагогов: способы поддержки // Педагогическое образование в России. 2022. № 1. С. 111-119. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48077791&ysclid=md77bvrzc296075238> (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.26170/2079-8717_2022_01_13.
11. Кругликова Г.А., Антонова А.В., Степанюк Е.И., Грибанов И.Н. Наставничество в образовательных организациях новых территорий Российской Федерации: результаты эмпирического исследования // Педагогическое образование в России. 2025. № 1. С. 61-73. URL: <https://pedobrazovanie.ru/archive/2025/1/nastavnichestvo-v-obrazovatelnykh-organizatsiyakh-novykh-territoriy-rossijskoj-federatsii-rezultaty-empiricheskogo-issledovaniya> (дата обращения: 17.07.2025).
12. Дорохова Т.С., Галагузова Ю.Н. Методологические основания реверсивного наставничества в профессиональной деятельности педагогов // Педагогическое образование в России. 2022. № 5. С. 154-162. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49953048&ysclid=md7713a27s823854874> (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.26170/2079-8717_2022_05_18.
13. Шобонов Н.А. Организация наставничества как условие адаптации персонала в образовательной организации // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32485> (дата обращения: 11.07.2025). DOI: 10.17513/spno.32485.
14. Гаврутенко Т.В., Мокрецова Л.А. Оценка эффективности развития наставничества учителей при организации деятельности педагогического альянса педагогического университета и школы // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2023. № 1 (38). С. 123-130. URL: [https://vestnik-omgpu.ru/volume/2023-1-38/vestnik_1\(38\)2023_123-130.pdf](https://vestnik-omgpu.ru/volume/2023-1-38/vestnik_1(38)2023_123-130.pdf) (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.36809/2309-9380-2023-38-123-130.
15. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 10.07.2025).
16. Z. Jingkun and Y. Bingcai. Notice of Retraction: A few thoughts on differentiated performance evaluation of college young teachers: 2011 International Conference on Product Innovation Management (ICPIM 2011). Wuhan, China, 2011. P. 597-599. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5983733> (дата обращения: 17.07.2025). DOI: 10.1109/ICPIM.2011.5983733.
17. Токаревских Н.А. Анализ эффективности системы реверсивного наставничества в школе с фокусом на развитие личностного потенциала // Наставничество в образовании: культура, идеи, технологии: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции (г. Екатеринбург, 16-17 февраля 2023 г.). Екатеринбург, 2023. Т. 1. С. 325-331. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=usvntq> (дата обращения: 17.07.2025).

УДК 378.147
DOI 10.17513/snt.40473

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ОБУЧЕНИЕ СЛУЖЕНИЕМ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Тюрина С.Ю., Егорычева Е.В.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
Иваново, e-mail: tsu1999@mail.ru

В работе представлен опыт создания программы и воплощение технологии «обучение служением» (service-learning) в течение освоения основной образовательной программы обучающимися бакалавриата в Ивановском государственном энергетическом университете им. В.И. Ленина. Описываются ключевые цели исследования, а именно обобщение и трансляция опыта реализации технологии «обучение служением» в проектах обучающихся различных направлений подготовки. Методологической основой исследования является комплексный подход к реализации технологии с использованием принципов активной педагогики, мотивационной вовлеченности, целенаправленности обучения, междисциплинарности и командной работы. Рассматриваются понятия «наставничество», «обучение служением», или service-learning, их характеристики и ключевые принципы. Представлены модели обучения служением, которые реализуются в отечественной образовательной практике. Описываются этапы и основные виды деятельности в процессе внедрения технологии «обучение служением». Подчеркивается междисциплинарный характер направления программы «Обучение служением». Описывается содержательная составляющая проекта «Притяжение Энерго: Разработка и реализация модели организации профориентационной деятельности среди школьников». Представлены результаты анкетирования студентов о приобретенных знаниях и навыках. Результаты анкетирования показали рост уровня коммуникативных и презентационных навыков, а также навыков эффективной командной работы. В заключение отмечается, что практика реализации технологии «обучение служением» адаптирована к студентам с различным уровнем и направлениями подготовки и успешно интегрирована в образовательную деятельность по отдельным дисциплинам.

Ключевые слова: наставничество, технология обучения, обучение служением, практико-ориентированное обучение

INTRODUCTION OF SERVICE-LEARNING TECHNOLOGY INTO EDUCATIONAL ACTIVITIES OF STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITY

Tyurina S.Yu., Egorycheva E.V.

Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin, Ivanovo, e-mail: tsu1999@mail.ru

The article describes the issues of experience of developing and bringing in the “service-learning” technology in educational programs of undergraduate students at Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin. The main objectives of the study are summarizing and extension of experience in the process of adoption the “service-learning” technology in the projects of students in various fields of study. The methodological basis of the study is an integrated approach to the introduction of the technology, using the principles of active pedagogy, motivational involvement, purposefulness of training, interdisciplinarity and teamwork. The concepts of “mentoring”, “service-learning”, their characteristics and key principles are considered. The models of service-learning that are implemented in domestic educational practice are presented. The stages and main types of activities in the process of implementing the “service-learning” technology are described. The interdisciplinary nature of the “service-learning” program is emphasized. The substantive component of the direction “Development of a chatbot for the “Mentoring” project” is described. The results of a survey of students about the acquired knowledge and skills are presented. The survey results showed an increase in the level of communication and presentation skills, as well as the skills of effective teamwork. In conclusion, it is noted that the practice of implementing the “service-learning” technology is adapted to students with different levels and areas of training and is successfully integrated into educational activities into individual disciplines.

Keywords: mentoring, learning technology, service-learning, practice-oriented learning

Введение

В государственной политике РФ значительная роль отводится вопросам вовлечения молодежи в социальную деятельность и формирования активной гражданской позиции. По результатам заседания Государственного совета РФ 22 декабря 2022 г. президент России В.В. Путин поручил Минобрнауки России разработать и включить в об-

разовательные программы курс «Обучение служением»¹. С 1 сентября 2023 г. программа «Обучение служением» уже работает в отечественных университетах. Основная ее цель – формирование гражданственности, социальной ответственности, лидерских ка-

¹ «Перечень поручений по итогам заседания Госсовета» (утв. Президентом РФ 29.01.2023 № Пр-173ГС) [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/70421> (дата обращения: 21.07.2025).

честв одновременно с совершенствованием профессиональных компетенций.

В широком значении «обучение служением» (далее *ОС*) представляет собой образовательную методику, при которой обучающиеся параллельно накапливают знания и участвуют в важной для общества деятельности вместе с различными организациями в рамках учебного процесса. Таким образом, реализация программы оказывает пользу обществу и содействует подготовке профессионалов, социально адаптированных к современным условиям на рынке труда.

Цель исследования заключается в систематизации и популяризации опыта воплощения технологии *ОС* при обучении студентов бакалавриата в Ивановском государственном энергетическом университете им. В.И. Ленина (ИГЭУ).

Материалы и методы исследования

Авторы основываются на теоретическом и эмпирическом методах. В работе проведен анализ отечественных и зарубежных научно-методических публикаций по ключевым вопросам исследования. В основе эмпирического подхода лежат анкетирование, анализ и статистическая обработка результатов.

В анкетирование принял участие 181 чел., в возрасте от 18 до 22 лет. Материалом для анализа явились анкеты бакалавров по вопросам приобретенных навыков в процессе реализации технологии *ОС*. Анкеты включали следующие вопросы:

Укажите проект (направление) программы «Обучение служением», в котором принимаете участие.

Нравится ли вам принимать участие в программе? Почему?

Какие новые знания вы получили в рамках реализации проекта?

Какой опыт вы приобрели в рамках реализации проекта?

Какие *soft skills* вы приобрели?

Сможете ли вы применять полученные знания и опыт в своем дальнейшем обучении и профессиональной деятельности?

Столкнулись ли вы в процессе реализации проекта с какими-либо трудностями? Если да, то с какими?

Методологическим базисом является комплексный подход к исследованию, опирающийся на коммуникативный, личностный и профессионально-ориентированный подходы. Авторы полагаются на принципы активного обучения, мотивационной заинтересованности, практической направленности обучения, междисциплинарности и совместной работы в команде.

Результаты исследования и их обсуждение

Комплексный подход к анализу термина *ОС* в отечественных исследованиях рассматривает его как педагогическую практику, педагогический подход и предметную область [1]. В зарубежной литературе термин *ОС*, или *service-learning*, понимают как особый подход к обучению, объединяющий вопросы теории и практики и предоставляющий обучающимся возможность участвовать в программах, отвечающих потребностям общества, анализировать полученный опыт для того, чтобы более четко понимать содержание теоретических курсов в вузе [2; 3]. *Service-learning* рассматривают как процесс и результат, подчеркивая, что служение в сочетании с обучением добавляет ценностный аспект и трансформирует оба процесса [4]. Зарубежные исследователи описывают положительные результаты внедрения опыта *service-learning*, например рост самооценки обучающихся, укрепление гражданской позиции, рост социальных навыков, академической успеваемости, готовность обучающихся к взаимодействию [5; 6]. В.В. Купцова использует термин «сервисное служение» как объединение академического обучения с общественным участием студентов в предоставлении услуг для некоммерческих организаций, соотнесенных с будущей профессиональной деятельностью [7, с. 29].

В данной работе под *ОС* авторы понимают широкое значение термина, как технологию параллельной деятельности по освоению обучающимися выбранной основной образовательной программы (ООП) и осуществлению важной общественной работы при условии взаимосвязи с изучаемыми в университете дисциплинами.

П.А. Кисляков и др. выделяют три модели обучения служением, которые внедрены в нашей стране: модель самоопределения, модель сопровождения и смешанная модель [8, с. 13]. Для первой модели характерны такие черты, как инициативный подход обучающихся, возможность волонтерской работы, которая проходит в свободное от занятий время и не прописана в ООП. Вторая модель, модель сопровождения, отличается центральной ролью наставника, внедрением методов проектных технологий и осуществлением волонтерской работы, обозначенной в ООП, как в рамках урока, так и вне урока. Смешанная модель объединяет в себе такие характеристики, как наличие решающего участия обучающегося и наставника, организация волонтерской работы в аудиторных и внеаудиторных условиях с отражением часов в ООП.

В процессе реализации технологии *ОС* значительным образом меняется роль преподавателя/наставника. Преподаватель может повлиять на результаты реализации технологии *ОС*, он/она активно сотрудничает с партнерами проектов и различными гражданскими сообществами, мотивирует студентов принять участие в различных проектах. В качестве наставника для обучающихся для подготовки и реализации социально значимых проектов могут выступать как преподаватели, так и сами студенты.

Внедрение системы наставничества в работу образовательных организаций становится актуальным и востребованным. Наставничество в образовании представляет собой форму поддержки и сопровождения обучающихся, при которой опытный специалист помогает развивать профессиональные навыки, приобретать академические знания и опыт, преодолевать трудности, способствуя их личностному и профессиональному росту [9; 10].

Среди преимуществ системы наставничества можно выделить следующие: быстрая адаптация студентов к учебной среде и требованиям вуза; учет интересов, что способствует более эффективному развитию личности студента; развитие профессиональных навыков, необходимых для будущей карьеры; повышение мотивации; возможность познакомиться с представителями предприятий, с будущими коллегами, что важно для трудоустройства; умение нести ответственность, эффективно общаться и работать в группе через взаимодействие с наставниками.

Среди ключевых принципов наставничества выделяют: научность, системность (взаимодействия на всех уровнях), стратегическую целостность (единство региональной и национальной стратегий), легитимность и равенство индивидуализации [11, с. 117].

В научных исследованиях описывается опыт реализации технологии *ОС* в различных профессиональных областях с использованием института наставничества [12–14].

В рамках данного исследования авторы рассматривают концепцию наставничества в ситуации воплощения технологии *ОС* в учебно-воспитательный процесс, в результате которого создаются необходимые условия для приобретения новых знаний, становления универсальных, социальных и профессиональных компетенций, а также накопление опыта взаимодействия в профессиональном контексте [15]. Авторы ставили задачи развития гражданственности, социальной ответственности и лидерства одновременно с развитием профессиональ-

ных компетенций обучающихся. Разработанная технология ориентирована на привлечение бакалавров для участия в разработке, организации и проведении различных мероприятий для некоммерческих организаций, обучающихся школ и училищ, профессиональных сообществ.

В процессе работы студенты-наставники осуществляли образовательное, развивающее, профориентационное сопровождение участников проектов.

Можно выделить следующие этапы в процессе внедрения технологии *ОС* в ИГЭУ.

1. Подготовительный этап. Разработка направлений программ – название и содержание модулей, контрольных мероприятий, календарного плана реализации; назначение руководителей; целевая аудитория, ключевые задачи, определение этапов работы с участниками проекта; публикация информации в социальных сетях (https://vk.com/ministry_trainingispu?from=groups).

2. Этап реализации. Организация работы студенческих групп; сотрудничество с заказчиками; консультации с руководителями; оформление отчетной документации; публикация информации о программе в социальных сетях, рефлексивный анализ студентов.

3. Итоговый этап. Передача результатов работы заказчику, анализ и оценка результатов работы, проведение конференции с презентацией результатов проектов.

В реализации программы приняли участие студенты бакалавриата ИГЭУ различных направлений подготовки (общее количество обучающихся 181 чел.):

- 01.03.02 Прикладная математика и информатика (10 чел.);
- 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (30 чел.);
- 09.03.03 Прикладная информатика (71 чел.);
- 09.03.04 Программная инженерия (60 чел.);
- 27.03.04 Управление в технических системах (10 чел.).

На подготовительном этапе были разработаны следующие направления программы:

1. Разработка и создание чат-бота для проекта «Наставничество».
2. Притяжение Энерго: Образовательные интенсивы по проектированию виртуальной и дополненной реальности.
3. Дополнительная образовательная программа по программированию.
4. Разработка и реализация модели организации профориентационной деятельности среди школьников.
5. Студенческий клуб по программированию.

6. Разработка и реализация дизайн-проекта индивидуальных развивающих методических материалов для детей дошкольного возраста.

7. Разработка учебной программы и проведение занятий со слабоуспевающими и неуспевающими обучающимися по общим дисциплинам.

8. Образовательные интенсивы по 3D-моделированию и проектированию.

9. Разработка и применение векторного графического редактора.

Этап реализации проектов охватывал осенний и весенний семестры. Организация работы студенческих групп включала в себя формирование команды студентов по проектам, распределение ролей и обязанностей, планирование и координацию деятельности групп, установление сроков выполнения задач. Осуществлялось активное взаимодействие с заказчиками: уточнение требований и ожиданий, представление результатов работы, получение обратной связи, внесение корректировок в проекты. Организовывались встречи для рекомендаций наставников, обсуждались проблемы и пути их решения, проводилась оценка успешных проектов. Подготовлены анализы и обзоры по результатам проведенной работы, предоставлены отчетные материалы. Информация о ходе реализации программы публиковалась в ВК, шло активное взаимодействие с аудиторией, ответы на комментарии. В рамках рефлексивного анализа студентов – участников программы проведена самооценка и групповые обсуждения проектов, анализ полученного опыта, выявление сильных и слабых сторон, а также формирование рекомендаций для дальнейшего развития.

На итоговом этапе проведены отчетная конференция с представлением результатов проектов и анкетирование участников, где они поделились опытом общественного служения, описав приобретенные знания и развитые навыки.

Результаты анкетирования показали, что больше всего студентов приняли участие в направлении «Притяжение Энерго: Разработка и реализация модели организации профориентационной деятельности среди школьников» (43,3 %), вторым по популярности было направление «Разработка и реализация дизайн-проекта индивидуальных развивающих методических материалов для детей дошкольного возраста» (26,8 %) и 8,2 % студентов участвовали в «Образовательных интенсивах по проектированию виртуальной и дополненной реальности».

Интересен опыт самого популярного направления программы – «Притяжение

Энерго: Разработка и реализация модели организации профориентационной деятельности среди школьников». Направление предназначено для обучающихся старших классов школ Иванова и Ивановской области. Основная задача – помочь старшеклассникам определиться с выбором будущей профессии, мотивация молодежи к выбору профессии в области информационных технологий. На подготовительном этапе шла активная работа совместно с выпускающими кафедрами, деканатом, приемной комиссией ИГЭУ. Этап реализации включал посещение общеобразовательных учреждений, лекции, рассказы, интерактивную викторину на знание основ информационных технологий и их применения (https://vk.com/ministry_trainingispu?from=groups&w=wall-227669841_137).

Результаты проведенного опроса подтвердили практическую значимость программы для дальнейшего развития обучающихся. Так, на вопрос «Сможете ли вы применять полученные знания и опыт в дальнейшем в своем обучении и профессиональной деятельности?» получены следующие ответы: да – 45,4 %, частично – 43,3 %, отрицательно ответили только 11,3 %.

Результаты анкетирования показали, какой опыт получили обучающиеся во время участия в проектах *ОС*:

- совместная работа в команде (32 %);
- выступление перед незнакомой аудиторией (20 %);
- разработка и оформление методических материалов (23 %);
- создание презентаций (16 %);
- опыт в области программирования (9 %).

В рамках реализации проектов студенты совершенствовали *soft skills*, среди которых самыми востребованными оказались навыки общения и командной работы:

- коммуникативные навыки (умение четко и ясно выражать мысли, слушать и вовлекать собеседника в диалог) (64 %);
- адаптивность (43 %);
- навыки эффективно работать в группе (49 %);
- навыки решения проблем (41 %).

Заключение

В данном исследовании авторы обобщают опыт реализации технологии *ОС* в ИГЭУ. Авторы приходят к выводу о результативности внедрения технологии *ОС* в учебно-воспитательную работу ИГЭУ на основе концепции «наставничество», а также углубленного содержания основной образовательной программы обучающихся и общественно значимой активности. Таким образом, общественная деятельность студен-

тов проходила параллельно изучаемым дисциплинам ООП. Результативному взаимодействию студентов и наставников способствовала реализация студенческих проектов программы «Обучение служением» на основе принципов взаимного доверия, индивидуального подхода, постоянного взаимодействия и ориентации на результат. В целом использование технологии *ОС* способствует академическому продвижению, личностному развитию и подготовке студентов к будущей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Никольский В.С. Обучение служением в России: становление предметного поля // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 12. С. 9–28. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-12-9-28.
2. Resch K., Schrittmesser I. Using the Service-Learning approach to bridge the gap between theory and practice in teacher education // International Journal of Inclusive Education. 2023. Vol. 27. P. 1118–1132. DOI: 10.1080/13603116.2021.1882053.
3. Huda M., Mat Teh K.S., Nor Muhamad N.H., Mohd Nasir B. Transmitting leadership based civic responsibility: insights from service-learning // International Journal of Ethics and Systems. 2018. Vol. 34, Is. 1. P. 20–31. DOI: 10.1108/IJOES-05-2017-0079.
4. Salam M., Awang Iskandar D., Ibrahim D. Service-learning in Higher Education: a Systematic Literature Review // Asia Pacific Education Review. 2019. Vol. 20, Is. 4. P. 573–593. DOI: 10.1007/s12564-019-09580-6.
5. Celio C., Durlak J., Dymnicki A. A meta-analysis of the impact of service-learning on students // Journal of Experiential Education. 2011. Vol. 34, Is. 2. P. 164–181. DOI: 10.1177/105382591103400205.
6. Chambers D., Lavery S. Introduction to Service-Learning and Inclusive Education // Service-Learning. 2017. Vol. 12. P. 3–19. DOI: 10.1108/S1479-363620170000012001.
7. Купцова В.В. Сервисное обучение (service-learning) как образовательный формат обучения через социально-активное взаимодействие // Гуманитарный научный вестник. 2020. № 8. С. 29–33. DOI: 10.5281/zenodo.4020854.
8. Кисляков П.А., Шмелева Е.А., Феофанов В.Н., Демченко Н.А., Шимановская Я.В. Наставничество в обучении служением при подготовке будущих педагогов и психологов // Научный поиск: личность, образование, культура. 2023. № 4. С. 12–16. DOI: 10.54348/SciS.2023.4.2.
9. Мухаметзянова Ф.Ш., Исламова Н.Н. Наставничество как механизм поддержки профессионального развития педагогов // Мир науки. Педагогика и психология. 2020. Т. 8. № 5. URL: <https://mir-nauki.com/12pdmn520.html> (дата обращения: 18.07.2025).
10. Демченко Н.А., Шмелева Е.А., Кисляков П.А. Service-learning в подготовке студентов к обеспечению психологической безопасности школьников // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14. № 1. С. 145–172. EDN: GMTIMW.
11. Гиндес Е.Г., Троян И.А., Кравченко Л.А. Наставничество в высшем образовании: концепция, модель и перспективы развития // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 8–9. С. 110–129. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-8-9-110-129.
12. Gasparis P., Kerridge W.D., Gunderman R.B. Service-learning in radiology education // Academic Radiology. 2017. Vol. 24 (4). P. 514–515. DOI: 10.1016/j.acra.2017.01.006.
13. Кулькова В.Ю., Кулькова П.С., Хаертдинова Л.А. Реализация технологии «Обучение служением» в проектах для сферы здравоохранения в достижении целей устойчивого развития // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32796> (дата обращения: 18.07.2025). DOI: 10.17513/spno.32796.
14. Горбуль Ю.А., Юрьева Л.А. «Service-learning» как технология профессионально-правовой подготовки студентов на базе юридических клиник вузов // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2019. № 4. URL: <https://www.gramota.net/article/ped20190176/fulltext> (дата обращения: 18.07.2025). DOI: 10.30853/pedagogy.2019.4.26.
15. Воленко О.И., Фомин Е.Н. Компетентностно-ориентированное наставничество как часть целостного учебного процесса в профессиональном образовании // Среднее профессиональное образование. 2014. № 1. С. 3–5. EDN: RVPPDD.

УДК 37.025.7
DOI 10.17513/snt.40474

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОДЕЙСТВИЕ ШКОЛЬНИКАМ И СТУДЕНТАМ – БУДУЩИМ УЧИТЕЛЯМ В РАЗВИТИИ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

¹Ульянова И.В., ²Подругина И.А.

¹ФГКОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел
Российской Федерации имени В.Я. Кикотя», Москва, e-mail: iva2958@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва

В статье подчеркивается роль критического мышления в эффективном обучении, воспитании школьников и студентов. Цель статьи заключается в уточнении методологической основы критического мышления как вида мыслительной деятельности школьников, студентов – будущих учителей и в оформлении специального модуля педагогического содействия обучающимся в развитии критического мышления как важного условия личностного, профессионального становления. Используются теоретические методы исследования: анализ научной литературы, сравнение, обобщение, теоретическое моделирование. Подчеркивается факт плюрализма в трактовке понятия «критическое мышление» в современной науке, что требует от педагогов-исследователей в обязательном порядке обосновывать свою авторскую интерпретацию. Выявлена необходимость обязательного поступательного ознакомления школьников с азами психологических знаний (психическими процессами, включая мышление; этапами деятельности), риторики, конфликтологии, рефлексии. В данном случае студенты – будущие учителя смогут более активно и осознанно включаться в профессиональную подготовку. Конкретизирован универсальный формат педагогического содействия школьникам и студентам в постижении сущности критического мышления и его развития, который согласуется с возрастными особенностями обучающихся, уровнем их интеллектуального развития, общей культуры и сопряжен с соответствующими образовательными этапами. Предлагается осмысление условной редукции жизненной среды обучающихся: 1) повседневная реальная среда жизни (семья, соседства, населенного пункта, страны и т.д.); 2) повседневная реальная образовательная среда (школа, вуз, учреждения дополнительного образования и т.д.); 3) комплицированная научная среда; 4) виртуальная интернет-среда (социальные сети, образовательные платформы, новостные паблики и т.д.) – на основе чего фиксируются тематические моноцентрические и полицентрические агломерации, базовая основа которых – учебно-воспитательный контент с элементом критического мышления.

Ключевые слова: образовательный процесс, обучение, воспитание, педагогическое содействие, школьники, студенты, учитель, преподаватель, виды мышления, критическое мышление, проектная деятельность

PEDAGOGICAL ASSISTANCE TO SCHOOLCHILDREN AND STUDENTS-TO-BE-TEACHERS IN THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING

¹Ulyanova I.V., ²Podrugina I.A.

¹Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation
named after V.Ya. Kikot, Moscow, e-mail: iva2958@mail.ru;

²Moscow State Pedagogical University, Moscow

The article emphasizes the role of critical thinking in effective teaching and upbringing of schoolchildren and students. The purpose of the article is to clarify the methodological basis of critical thinking as a type of mental activity of schoolchildren, students-future teachers, and to design a special module of pedagogical assistance to students in developing critical thinking as an important condition for personal and professional development. The article uses theoretical research methods, including analysis of scientific literature, comparison, generalization, and theoretical modeling. The article emphasizes the fact of pluralism in the interpretation of the concept of “critical thinking” in modern science, which requires researchers to justify their own interpretation. The article identifies the need for students to be systematically introduced to the basics of psychological knowledge (mental processes, including thinking; stages of activity), rhetoric, conflict resolution, and reflection. In this case, future teachers will be able to participate more actively and consciously in their professional training. The article specifies a universal format for pedagogical assistance to schoolchildren and students in understanding the essence of critical thinking and its development, which is consistent with the age characteristics of students, their level of intellectual development, and general culture, and is associated with the corresponding educational stages. The article proposes a conceptualization of the conditional reduction of students' living environment: 1) everyday real life environment (family, neighborhood, locality, country, etc.); 2) everyday real educational environment (school, university, additional education institutions, etc.); 3) complex scientific environment; 4) virtual online environment (social networks, educational platforms, news groups, etc.), which is used to create thematic monocentric and polycentric agglomerations based on educational content with an element of critical thinking.

Keywords: educational process, training, education, pedagogical assistance, schoolchildren, students, teacher, lecturer, types of thinking, critical thinking, project activities

Введение

Мыслительная деятельность школьников, студентов – приоритетный показатель их интеллектуальной деятельности, в значительной мере – учебной, профессиональной успешности, а также важное условие выстраивания продуктивного жизненного пути. Однако в конкретном образовательном процессе важную информацию о психологической сущности мышления в целом и критического мышления в частности школьники получают весьма редко, а студенты – будущие учителя, изучая психологические основы обучения, общения, далеко не всегда экстраполируют полученные знания на собственную личность и предстоящую профессиональную деятельность (Е.А. Мухина) [1]. В данном случае правомерно выразить солидарность с А.Д. Лисенковой, указывающей на то, что «необходимые в будущем компетенции должны отвечать вызовам современности и помогать справляться со сложностью и изменчивостью мира, способствовать сосуществованию и взаимодействию людей друг с другом, с природой и технологиями», в связи с чем правомерно выделяются «компетентности познания, взаимодействия с другими и управления собой», однако компетентность «критическое мышление» в целом остается вне сферы внимания педагогического сообщества [2]. Вместе с тем анализ научной литературы педагогического содержания (научных статей, диссертационных исследований, монографий) показал вариативность в толковании сущности критического мышления, разнородность в организации образовательного процесса с учетом актуальных методов, форм педагогической деятельности, а также ситуативность при взаимодействии учительско-преподавательского корпуса и психологических служб образовательных организаций. Значительная часть ученых, занимающихся данной проблемой, в качестве рисков в сфере развития критического мышления у школьников и студентов (включая будущих учителей) отмечают в совокупности как возможную неэффективность используемых в реальности учителями/преподавателями учебных и воспитательных технологий, так и виртуальную интернет-среду с ее бесконтрольностью, агрессивностью, искажением информации и необходимостью фактчекинга (Л.В. Астахова, М.С. Корнев и др.) [3; 4]. В итоге отмечается значимость работ, в которых анализируются научные дефиниции мыслительного профиля, включая критическое мышление.

Цель исследования – уточнение методологической основы критического мышления как вида мыслительной деятельности

школьников, студентов и в оформлении специального модуля педагогического содействия обучающимся в развитии критического мышления как важного условия личностного, профессионального становления.

Материалы и методы исследования

Исследование базируется на научных обобщениях, связанных с зарубежными и отечественными теориями мышления (Б. Блум, Л.С. Выготский, Д. Дьюи, Ж. Пиаже, К. Роджерс и др.), теории деятельности (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн), идеях возрастной обусловленности критичности мышления (Е.А. Мухина, А.В. Шамис и др.), стимулирующих дидактический аспект современного образования (идеи развивающего обучения (В.В. Давыдов, Л.В. Занков и др.), проблемного обучения (А.М. Матюшкин, М.И. Махмутов и др.), алгоритмизации учебной деятельности (В.Ф. Шаталов и др.), воспитательный аспект современного образования (концепция нравственного воспитания (В.А. Сластенин, В.А. Сухомлинский и др.)). Использовались теоретические методы педагогического исследования: анализ научной литературы, сравнение, обобщение, теоретическое моделирование. В качестве частной диагностической методики на уровне эмпирики выступил тест А.А. Вихмана «Критическое мышление подростка».

Результаты исследования и их обсуждение

Критическое мышление – вид мышления, который, с одной стороны, масштабно изучен как психолого-педагогическое явление [5–7], с другой стороны, в своих трактовках в контексте научного поля интерпретируется разнопланово (при отсутствии противоречивости). Весьма продуктивным является мнение Г.М. Коджаспировой: «Критическое мышление – это способность анализировать информацию с позиции логики, уметь выносить обоснованные суждения, решения, применять полученные результаты как к стандартным, так и к нестандартным ситуациям, вопросам и проблемам. Этому процессу присуща открытость. Формирование критического мышления – одна из актуальнейших задач современного обучения» [8, с. 67].

В Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (ФГОС ООО) феномен «критическое мышление» имманентно присутствует как актуальный компонент процессов обучения и воспитания, без чего невозможно их продвижение к ближним и дальним целям, рациональное освоение

содержания учебных дисциплин, эффективное включение в коммуникативную, организаторскую, творческую деятельность, оценивание своих достижений, саморазвитие и пр. В Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование» (при аналогичном с ФГОС ООО функционале критического мышления) оно закономерно определено в качестве приоритетной универсальной компетенции в совокупности с системным мышлением.

Структуру критического мышления предлагается понимать как совокупность трех компонентов: действенно-поведенческого (доминирующего), когнитивного и эмоционального [9]. Этапы формирования и развития критического мышления априори связаны с возрастными особенностями обучающихся. Это соответствует традиционным уровням отечественного образования: дошкольному, начальному (1–4 классы), среднему (5–9 классы), общему среднему (10–11 классы), специально-профессиональному, высшему образованию (студенты, курсанты), и реализации релевантных возрасту актуальных учебных, воспитательных программ, технологий, методик, форм педагогического процесса.

С ориентацией на тему данной статьи обратимся к школьному и студенческому периодам, когда вопрос развития критического мышления выступает как приоритетный в процессе формирования личности, ее социализации, инкультурации, что отражено в том числе в воспитательной системе формирования смысловых ориентаций личности. При этом важным педагогическим условием выступает сотрудничество педагогического коллектива с социально-психологической службой образовательной организации, родительским сообществом, различными социальными институтами (И.В. Ульянова) [10; 11].

Учитывая значимость критического мышления для обучения и воспитания личности ученика, студента, учебной группы, педагогического коллектива, следует осуществить условную редукцию целостного педагогического процесса, представив его как синтез обучения и воспитания. Так, обращение к дидактике позволяет раскрыть виды и формы информирования обучающихся относительно мышления в целом и критического мышления в частности; это элемент учебного занятия (урока/лекции, семинара, практикума – теория/практика), – факультатив (школа) / спецкурс (колледжи, институты, университеты); дополнительные разноцелевые групповые/

индивидуальные консультативные занятия: а) подготовка группы школьников/студентов к олимпиадам, научным конференциям, конкурсам; б) индивидуальные занятия со школьниками/студентами с учетом имеющихся у них когнитивных особенностей, проблем. Для современной дидактики важен интегративный подход, способствующий рациональному объединению в учебной деятельности школьников, студентов элементов развивающего, проблемного, алгоритмического подходов.

В рамках теории и методики воспитания критическое мышление выступает как элемент (преимущественно запланированный) воспитательного мероприятия (массового, группового), на основе чего возможно осмысление нравственных дихотомий, модулей духовности – Добра и Зла, традиционной гендерной бинарности, вопросов свободы человека и его ответственности, обязанностей в ситуациях морального выбора.

Наиболее общие, многосторонние педагогические условия для развития у школьников и студентов критического мышления (включая опыт Е.А. Мухиной [1]): развитые способности на уровне анализа, классификации, сравнения, обобщения, а также в сфере коммуникаций, творчества; готовность и умение участвовать в диалогах, полилогах, дискуссиях, совершенствуя навыки аргументации собственной позиции. При этом учителю/преподавателю необходимо отказаться от формализма в оценке знаний и умений обучающихся; требования однозначности в ответах; необходимо стимулировать переход школьников/студентов от технологий обучения к технологиям самообучения, развитие образного мышления, опору на методы активного обучения; систематическое привлечение обучающихся к проектной, научно-исследовательской деятельности. Столь же значим отход от формализма в воспитательном процессе, который насыщается интересным социокультурным, историческим материалом с учетом возраста участников, их творческой активности, поиска, конкретизацией нравственных убеждений, укрепляющих этические нормы поведения. Обязательным компонентом любых занятий, встреч, мероприятий, событий является рефлексивный акт (в группе, индивидуальный, самостоятельный).

В данном случае осуществляется актуализация ценности *педагогического содействия обучающимся* как частного аспекта педагогического сопровождения, как оперативной целенаправленной помощи, поддержки обучающихся при решении учебной или воспитательной задачи. При этом педагогический акцент ставится на веду-

щих качествах личности, которые необходимы для развития критического мышления и одновременно стимулируются им (Д. Халперн): «1. *Готовность к планированию*. Мысли часто возникают хаотично. Важно упорядочить их, выстроить последовательность изложения. Упорядоченность мысли – признак уверенности. 2. *Гибкость*. Если учащийся не готов воспринимать идеи других, он никогда не сможет стать генератором собственных идей и мыслей. Гибкость позволяет подождать с вынесением суждения, пока не обладаешь разнообразной информацией. 3. *Настойчивость*. Часто, сталкиваясь с трудной задачей, мы откладываем ее решение на потом. Выработывая настойчивость в напряжении ума, ученик обязательно добьется гораздо лучших результатов в обучении. 4. *Готовность исправлять свои ошибки*. Критически мыслящий человек не будет оправдывать свои неправильные решения, а сделает правильные выводы, воспользуется ошибкой для продолжения обучения. 5. *Осознание*. Очень важное качество, предполагающее умение наблюдать за собой в процессе мыслительной деятельности, отслеживать ход рассуждений. 6. *Поиск компромиссных решений*. Важно, чтобы принятые решения воспринимались другими людьми, иначе они так и останутся на уровне высказываний» [12, с. 5].

Вместе с тем для процесса развития критического мышления у обучающихся обязательен, как было отмечено, учет их возрастной специфики. Так, обращаясь к младшему школьному возрасту, В.А. Шамис доказывает его склонность к действенно-поведенческому компоненту критического мышления, обусловленность «в большей степени влиянием процессуального компонента педагогической технологии, применяемой учителем, а также влиянием родительских отношений и сверстников» [9]. При этом ученый постулирует: именно «младший школьный возраст является наиболее благоприятным для развития критического мышления» [9], рекомендуя для психолого-педагогической практики комплекс соответствующих диагностических и организационных методик.

Г.А. Афоничев, Е.В. Яковлева, обобщив мнения, в частности, В.Н. Брюшинкина, И.О. Загашева, С.И. Заир-Бека, Д. Клустера, И.В. Муштавинской и др., указывают на специфику критического мышления у подростков, определив соответствующие критерии и показатели:

– «*социальность* – способность сотрудничать и работать в команде, уважать чужое мнение, учитывать точку зрения других, участвовать в совместном принятии решений;

– *аргументация* – умение убедительно аргументировать свою позицию, принимать взвешенные решения, ясно и корректно выражать свои мысли устно и письменно;

– *анализ информации* – способность находить основную информацию среди избыточной, недостающую информацию, видеть сильные и слабые стороны мнений и ошибок в них;

– *логичность мышления* – умение делать логические выводы, оценивать последовательность умозаключений, принимать обоснованные решения о том, отклонить ли суждение, согласиться с ним или отложить его рассмотрение;

– *самостоятельность* – способность задавать вопросы, формулировать гипотезы, признавать свои ошибки, брать на себя ответственность;

– *рефлексивность* – уровень развития рефлексивных навыков (адекватная самооценка, объективный самоанализ, оценка мыслительных процессов и поведения при работе над проблемными заданиями индивидуально или в группе)» [13].

А.К. Власова, С.С. Игнатович выявляют отличительные черты педагогических условий для развития критического мышления у сельских подростков, в частности несовершенство материально-технической базы школы [14].

Уточнение особенностей критического мышления у современных городских старшеклассников отражено, в частности, в работе И.С. Литвиновой [15], где представлены результаты проведенного исследования, показавшего, что у обучающихся уровень развитости критического мышления находится в диапазоне от низкого до среднего. Автор доказывает необходимость концентрации педагогов на данном направлении образовательного процесса.

В связи с вышесказанным фиксируется предположение о том, что студенты, включая будущих потенциальных учителей, в подавляющем большинстве нуждаются не только в специальной развивающей помощи, но нередко и в мягком коррекционном сопровождении с целью стимулирования мыслительной деятельности.

Представленное суждение подтверждается результатами исследований, связанных со студентами образовательных организаций высшего образования. В частности, Ю.Н. Корешникова в диссертации на тему «Организационные и педагогические условия развития критического мышления у студентов вузов» (2021) подчеркивает, что «в качестве основных барьеров развития критического мышления выделяется: отсутствие лидера изменений, ясной концептуа-

лизации понятия «критическое мышление», инструментов оценки; невключение критического мышления как образовательного результата, в образовательные программы курсов; недостаточное профессиональное развитие преподавателей – преобладание традиционного типа обучения среди университетских преподавателей, использование неэффективных методов обучения». При этом было установлено, что если у преподавателей, работающих в рамках традиционного типа обучения, развиты предметно-логическая и организационная компетенции, то повышается вероятность того, что у их студентов будет развиваться критическое мышление [16]. Ранее в диссертации О.В. Семеновой (2009) было показано, что более трети студентов – будущих учителей обладают низким уровнем критического мышления, что в учебный процесс профессиональной подготовки обучающихся следует ввести дисциплину «Критическое мышление учителя» [17]. Идентичное мнение об острой необходимости совершенствования системы высшего образования в плане целенаправленного развития у студентов критического мышления выражают специалисты Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина, Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета [18].

Подчеркивая значимость развития критического мышления у обучающихся различных ступеней образования, важно обратить внимание на ценность азов психологических знаний (психических процессов, включая мышление; этапов деятельности), риторики, конфликтологии, рефлексии, этики [10], учесть ресурс критического мышления в преодолении инфантилизма современных школьников и студентов [11].

Среди приоритетных методов развития у обучающихся критического мышления в условиях реализации воспитательной системы формирования смысложизненных ориентаций обучающихся выделяется *проектная деятельность*, реализующая организационную, мотивационную, коммуникативную, интеграционно-культурологическую функции [19], а также исследовательскую, креативную, воспитательно-социализирующую. В данном случае критическое мышление в совокупности с логическим и творческим представляют собой базовую основу для формирования у школьников и студентов устойчивых навыков для групповой и индивидуальной работы (Т.А. Попова) в проектах психологической и педагогической направленности [20].

В целом обобщение результатов научных изысканий в области оформления базовых основ педагогического содействия обучающимся в развитии критического мышления как важного условия личностного, профессионального становления выстраивается в соответствующий теоретический модуль [21]. Одна из инновационных методик модуля – реализация информационных технологических карт (ИТК), способствующих пониманию обучающимися специфики критического мышления (сначала такие карты готовит педагог (учитель-предметник, преподаватель, например, в рамках своей учебной дисциплины, факультатива/спекурса) или психолог образовательной организации, имеющий возможность проводить системные просветительские занятия; чем более старший возраст у обучающихся, тем чаще они включаются в самостоятельное оформление таких карт).

Содержание ИТК «Алгоритм развития критического мышления»: «знания (анализ и проверка их достоверности: Кто? Что? Какие? Что делают? Подтверждение/отвержение, обоснование)» – «фиксация проблемы/противоречия (научной, морально-нравственной, дидактической, воспитательной, житейской)» – «варианты гипотез ее решения» (актуализация критического мышления; «метафора «Если... то»)» – «обсуждение: аргументация на основе оценочных суждений, дискуссия (актуализация критического мышления)» – «выбор и конкретизация наиболее продуктивной гипотезы с опорой на гуманистические ценности» – «принятие обоснованного продуктивного, гуманистического решения» – «рефлексия на результат, собственные впечатления, чувства, умозаключения».

Сам модуль предполагает наличие субмодулей, отражающих возрастные параметры обучающихся. В качестве содержания информационного субмодуля «Я – юный мыслитель» (начальная школа, 3–4 классы) целесообразно использовать сюжетные основы сказок и популярных рассказов для детей, занимательные математические задачи, факты нового и удивительного о природе, обществе, технике. Среднее, старшее учебные звенья ориентированы на поступательное усложнение источников материала; ученикам 5–9 классов можно предложить развивающий курс (или его элементы) «Я – обладатель критического мышления», ученикам 10–11 классов – «Я – мыслитель-универсал». Обращаясь к высшему образованию, следует принять во внимание недостаточный интерес специалистов к формированию критического мышления у школьников, в связи с чем становится очевидной

необходимость входной диагностики первокурсников относительно указанного параметра. Далее, в зависимости от полученных результатов, уже выстраиваются последующие стратегия и тактика педагогического содействия академической группе, отдельным субъектам на уровне образовательного субмодуля «Я – учитель, обучающий критическому мышлению». В данном случае усиливается дуальная позиция студентов, сопряженная одновременно с саморазвитием и профессиональной подготовкой. Полноценность такой работы в образовательных организациях всех уровней обуславливается подбором конгруэнтных диагностических методик и их систематическим использованием в начале и конце учебного года с последующим анализом результатов.

Многолетняя педагогическая практика авторов статьи, связанная с образованием школьников и студентов в процессе развития у них критического мышления, выявила необходимость совместных размышлений субъектов образования об условной редукции жизненной среды. Она дифференцируется: 1) на повседневную реальную среду жизни (семьи, соседства, населенного пункта, страны и т.д.); 2) повседневную реальную образовательную среду (школы, вуза, учреждений дополнительного образования и т.д.); 3) комплицированную научную среду; 4) виртуальную интернет-среду (социальные сети, образовательные платформы и т.д.), – на основе чего фиксируются тематические моноцентрические и полицентрические агломерации, базовая основа которых – учебно-воспитательный контент с элементом критического мышления.

В качестве частного примера развития критического мышления у подростков можно представить краткое описание процедуры подготовки авторами статьи группы учеников девяти классов ($n = 11$) одной из московских школ – потенциальных участников школьных и городских олимпиад, где им предстояло защищать разработанные проекты. Пошаговая технология данного профиля выглядит следующим образом: 1) обсуждение учителем-предметником возможности участия ряда учеников в течение учебного года в предстоящих олимпиадах; 2) фиксация школьной группы «олимпиадников» на основе согласия и самих школьников, и их родителей; 3) реализация двухуровневого маршрута подготовки: а) систематическая плановая подготовка в группе «Развиваем критическое мышление»; б) индивидуальная систематическая плановая подготовка к защите авторского проекта; 4) выход школьников на олимпиады. Для диагностики уровня критического мышления

девятиклассников использовался тест А.А. Вихмана «Критическое мышление подростка» [22], отличающийся высоким уровнем валидности и надежности. Было выявлено, что 54% респондентов группы обладают высоким уровнем критического мышления, 36% – средним уровнем, 10% – низким уровнем (при отличной успеваемости по выбранному тематическому профилю проектной олимпиадной деятельности). На основе зафиксированной тенденции инициативной группой учителей было решено общую интеллектуальную подготовку школьников осуществлять дифференцированно, с опорой на выявленные показатели, ибо при высоком уровне мотивации каждая подгруппа имеет частные задачи. При этом учителям полезно повторить азы теории критического мышления, при содействии педагога-психолога подобрать упражнения, задания соответствующего уровня сложности.

Итогом приведенной выше комплексной подготовки стали успешные защиты подготовленных учениками проектов, дипломы лауреатов научных олимпиад. Однако ученик, показавший низкие результаты по указанному тесту, оказался менее успешен, чем другие члены группы, что стало поводом для углубленных развивающих занятий.

Заключение

Необходимо отметить: повышение педагогического, психологического внимания педагогов (учителей, преподавателей) к развитию у обучающихся критического мышления способно в значительной мере повысить уровень, качество мышления школьников и студентов в целом, а также, учитывая их индивидуальные интеллектуальные особенности, возраст, персонализировать педагогическую помощь. Трансляция идеи развития критического мышления в области воспитания способна содействовать обучающимся в решении нравственных проблем, в этическом самосовершенствовании.

Практика доказывает необходимость системной, планомерной, сквозной, охватывающей все уровни образования, работы в сфере развития критического мышления у школьников и студентов.

Особого внимания заслуживает вопрос рационального приобщения обучающихся к цифровой среде, представляющей собой слабо дифференцированный и недостаточно контролируемый, в силу его специфики, информационный контент, что препятствует нравственному воспитанию и самовоспитанию личности, а также развитию у нее критического мышления. Однако данная проблема требует отдельного обстоятельного анализа и профессионального разговора.

Список литературы

1. Мухина Е.А. Развитие критичности мышления у учащихся: дис. ... канд. пед. наук. Сочи, 2002. 122 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/razvitiie-kritichnosti-myshleniya-u-uchashchikhsya> (дата обращения: 30.06.2025).
2. Лисенкова А.Д. Кластеры навыков критического мышления современных старшеклассников // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2023. Т. 8. Вып. 5. С. 463–469. DOI: 10.30853/ped20230084.
3. Астахова Л.В., Харлампьева Т.В. Критическое мышление как средство обеспечения информационно-психологической безопасности личности: монография / Под научн. ред. Л.В. Астаховой. М.: РАН, 2009. 141 с. ISBN 978-5-904197-05-6.
4. Корнев М.С. Фактчекинг: от термина и понятия к словоупотреблению // Вестник РГГУ. Серия «Литературоведение. Языкознание. Культурология». 2020. № 6. С. 72–78. DOI: 10.28995/2686-7249-2020-6-72-78.
5. Рожкова А.В. Обзор научных теорий формирования критического мышления в исследованиях российских и западных ученых // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11. № 5. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/68PSMN523.pdf> (дата обращения: 21.06.2025).
6. Седова А.С., Ваганова О.И., Кутепов М.М. Развитие критического мышления как одна из основных целей современного образования // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 2 (36). С. 79–85. EDN: RMTGYO.
7. Курилина Ю.В., Денег Д.В. Критическое мышление как целевой ориентир формирования информационно-личностной безопасности / Актуальные вопросы педагогической науки и образования. Сборник статей по материалам авторских исследований II Всероссийской научно-практической конференции и Всероссийской студенческой научно-практической конференции (Краснодар, 19–20 мая 2022 г.). Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022. С. 228–237. EDN: PNODVL.
8. Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю. Педагогический словарь: для студ. высш. и сред. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2000. 176 с. ISBN 5-7695-0445-5.
9. Шамис В.А. Развитие критического мышления младших школьников: на материале сравнения традиционной и развивающей технологий обучения: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Казань, 2005. 22 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/razvitiie-kriticheskogo-myshleniya-mladshikh-shkolnikov-na-materiale-sravneniya-traditsionnoi> (дата обращения: 25.06.2025).
10. Ульянова И.В. Формирование смысловых ориентаций учащихся в контексте гуманистической педагогической парадигмы: теоретико-методологический аспект: монография. Москва – Рязань: ИП Колупаева Елена Владимировна, 2023. 194 с. ISBN 978-5-605-09039-7.
11. Ульянова И.В. Педагогика смысловых ориентаций: инфантилизм школьников и студентов как проблема современного образования // Динамика смысловой реальности и акме личности. Сборник научных трудов. 100-летию А.А. Бодалева посвящается. М., 2023. С. 99–106. EDN: PSLCEV.
12. Халперн Д. Психология критического мышления / Пер. с англ. Н. Мальгина и др. 4-е междунар. изд. СПб.: Питер, 2000. 503 с. ISBN 5-314-00122-5.
13. Афоничев Г.А., Яковлева Е.В. Исследование уровня развития критического мышления у подростков // Пространство педагогических исследований. 2025. Т. 2. № 1 (5). С. 7–16. DOI: 10.23859/3034-1760.2025.77.61.001. EDN: GTHUVC.
14. Власова А.К., Игнатович С.С. Особенности формирования критического мышления у подростков в образовательном процессе сельской школы // Педагогика: история, перспективы. 2022. Т. 5. № 3. С. 39–63. DOI: 10.17748/2686-9969-2022-5-3-39-63.
15. Литвинова И.С. Деятельность учителя гуманитарных дисциплин по развитию критического мышления старшеклассников: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тула, 2005. 23 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/deyatelnost-uchitelya-gumanitarnykh-distiplin-po-razvitiyu-kriticheskogo-myshleniya-starshe> (дата обращения: 25.06.2025).
16. Корешникова Ю.Н. Организационные и педагогические условия развития критического мышления у студентов вузов: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2021. 207 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/organizatsionnye-i-pedagogicheskie-usloviya-razvitiya-kriticheskogo-myshleniya-u-studentov> (дата обращения: 25.06.2025).
17. Семенова О.В. Формирование критического мышления студента – будущего учителя в процессе обучения в педагогическом университете: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Самара, 2009. 26 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/formirovanie-kriticheskogo-myshleniya-studenta-budushchego-uchitelya-v-protseesse-obucheniya> (дата обращения: 25.06.2025).
18. Ваганова О.И., Прохорова М.П., Лошкарева Д.А. Формирование критического мышления у обучающихся высших учебных заведений // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 44–46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-kriticheskogo-myshleniya-u-obuchayuschih-sya-vysshih-uchebnyh-zavedeniy/viewer> (дата обращения: 25.06.2025).
19. Абрамова Е.Н., Седова Е.С. Проектная деятельность в высшей школе как основа межкультурного диалога // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2023. Т. 15. № 1. С. 32–41. EDN: MLJNIR.
20. Попова Т.А. Проектная деятельность в образовательном пространстве // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. 2020. № 3 (836). С. 252–265. EDN: TIZHZX.
21. Галустян О.В., Цзинвэй Чжан, Гамисония С.С. Педагогическое моделирование в исследованиях педагогики высшей школы: теоретический аспект // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2024. № 1. С. 29–32. EDN: KDRFRM.
22. Вихман А.А. Тест «Критическое мышление подростка»: разработка и психометрическая оценка // Вестник Удмуртского университета. Серия: Философия. Психология. Педагогика. 2024. Т. 34. № 2. С. 166–179. EDN: SBSXDG. DOI: 10.35634/2412-9550-2024-34-2-166-180.

УДК 373.1

DOI 10.17513/snt.40475

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Храмов Д.И.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет»,
Оренбург, e-mail: zonk197@gmail.com

Изменения в социально-экономической и культурной жизни России актуализируют обращение к опыту советской педагогики, в частности – в контексте регионального развития. Оренбургская область служит примером региона, где педагогическая наука и образовательная практика сочетали общесоюзные реформы с локальными особенностями. Цель исследования – выявить и систематизировать основные направления развития педагогической науки и образовательной практики в Оренбургской области во второй половине XX в. Материалы и методы исследования включают анализ архивных источников: документов Оренбургского государственного архива, материалов Института усовершенствования учителей, школьных архивов, публикаций в научных сборниках, синтез полученной информации. В ходе работы определены три этапа развития педагогической деятельности. Для первого этапа (1958–1966) характерны переход от функционального к системному подходу, развитие трудового воспитания, зарождение теоретических основ познавательной активности школьников, а также формирование гуманистических и содержательных оснований общего образования. Второй этап (1966–1984) отмечен, с одной стороны, устойчивым развитием методологических подходов, политехнизацией обучения, внедрением проектных и поисковых методов, усилением внимания к индивидуализации воспитания, критикой формализма, с другой – консервацией новаций. Третий этап (1984–1992) связан с изменением содержания образования, внедрением профильного обучения, педагогики сотрудничества и становлением аксиологического направления. Таким образом, исследование позволило систематизировать педагогические процессы Оренбургской области второй половины XX в., выявив их соответствие общим тенденциям развития отечественного образования с учетом региональной специфики.

Ключевые слова: региональная педагогика, история педагогики, история образования, XX век, школа

THE MAIN DIRECTIONS OF PEDAGOGICAL SCIENCE AND EDUCATIONAL PRACTICE IN THE ORENBURG REGION IN THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY

Khramov D.I.

Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: zonk197@gmail.com

Changes in the socio-economic and cultural life of Russia actualize the appeal to the experience of Soviet pedagogy, in particular, in the context of regional development. The Orenburg Region is an example of a region where pedagogical science and educational practice combined Union-wide reforms with local peculiarities. The purpose of the study is to identify and systematize the main directions of development of pedagogical science and educational practice in the Orenburg region in the second half of the 20th century. The research materials and methods include the analysis of archival sources: documents of the Orenburg State Archive, materials of the Institute for Advanced Teachers, school archives, publications in scientific collections, synthesis of the information obtained. In the course of the work, three stages of the development of pedagogical activity were identified. The first stage (1958–1966) was characterized by the transition from a functional to a systematic approach, the development of labor education, the emergence of the theoretical foundations of cognitive activity of schoolchildren, as well as the formation of humanistic and meaningful foundations of general education. The second stage (1966–1984) was marked by the steady development of methodological approaches, the polytechnization of education, the introduction of design and search methods, increased attention to the individualization of education, criticism of formalism, on the other hand, the conservation of innovations. The third stage (1984–1992) is associated with a change in the content of education, the introduction of specialized training, pedagogy of cooperation and the formation of an axiological direction. Thus, the study made it possible to systematize the pedagogical processes of the Orenburg region in the second half of the 20th century, revealing their compliance with the general trends in the development of domestic education, taking into account regional specifics.

Keywords: regional pedagogy, history of pedagogy, history of education, XX century, school

Введение

Обращение к теме исследования определено глубокими изменениями в социально-экономической, политической и культурной жизни современной России. Во-первых, в настоящее время в активной фазе находится решение вопроса суверенизации Российской Федерации во всех вышеперечис-

ленных сферах. В поиске путей решения поставленной проблемы исследователи находят его в адаптации имеющегося опыта советской педагогики и образования. Во-вторых, развитие регионов является одним из ключевых направлений современной государственной политики. Оренбургская область представляет собой пример реги-

она, где педагогическая практика развивалась под влиянием общесоюзных реформ, при этом демонстрируя региональные особенности. Синтез этих факторов обуславливает актуальность исследования генезиса развития педагогической науки и образовательной практики в Оренбургской области во второй половине XX в.

Цель исследования – выделить и охарактеризовать основные направления развития педагогической науки и образовательной практики в Оренбургской области во второй половине XX в. В задачи исследования входило изучение литературных источников, анализ и систематизация направлений педагогической науки и образовательной практики, реализованных в указанном регионе и в заданный период.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования автор обращается к методам анализа архивных материалов, статей периодики, синтезу полученной информации. В результате исследования были выделены ключевые периоды и охарактеризованы направления развития педагогической науки и образовательной практики в Оренбургской области во второй половине XX в.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках первого, *продуктивно-преобразовательного этапа*, с 1958 по 1966 г., автором выделены следующие направления педагогической деятельности.

1. Переход от функционального к системному подходу в образовательной практике

В рамках педагогики в СССР наука стала осознавать необходимость отхода от функционального подхода, при котором воспитание рассматривалось как совокупность изолированных процессов. Вместо этого требовалось целостное изучение воспитания как единого процесса. Это привело к обращению педагогов к методологии системного подхода. Системный подход позволял рассматривать воспитание как интеграцию всех его компонентов, включающую взаимодействие личности, коллектива, общества и среды [1, с. 154]. В образовательной практике Оренбургской области смена подходов в первую очередь нашла реализацию в развитии трудового воспитания, а также системной реорганизации школ, затрагивающей структуру, методику, кадровую политику, – переход к целенаправленному, целостному процессу подготовки выпускника [2, с. 200]. Одной из первых экспериментальной одиннадцатилетней становится Шарлыкская средняя школа (директор –

А.С. Голубничий, с. Шарлык, Оренбургская область) [3, с. 64]. Вместе с этим зарождается движение производственных бригад, часто по инициативе директоров на местах (А.Д. Трынов, директор школы с. Ибрагимово, Кувандыкский район, Оренбургская область) [4, с. 31]. Таким образом, создание единой системы образования и развитие трудового воспитания шло в данный период очень активно.

2. Разработка теоретических основ познавательной деятельности обучающихся

В начале 1960-х гг. значительно усилился интерес советских ученых и практиков к вопросу формирования познавательной активности личности. Разработка таких теорий в Оренбургской области находит реализацию в материале, отражающем мотивацию, интеллектуальные и личностные аспекты деятельности обучающихся (З.П. Таран: работа о положительном подходе в воспитании подростков, поиск закономерностей для поиска внутренней положительной реакции ученика на внешние воздействия), ведутся разработки в направлении эстетического воспитания.

3. Гуманистическая педагогика

Благодаря общественно-политической «оттепели» в рассматриваемый период сформировалась и стала достоянием отечественных и зарубежных педагогов педагогическая система В.А. Сухомлинского, учитывающая идеи гуманизма. Следование этому направлению не называется самими педагогами напрямую, однако подходы директоров ему созвучны. Этому направлению отвечает деятельность Н.К. Калугина, директора Дедуровской средней школы. Его внимание было направлено на установление контакта с жителями села, завоевание уважения и доверия. Знакомясь с трудами В.А. Сухомлинского, Н.К. Калугин перенимает многие принципы его работы [6, с. 422].

4. Разработка теории содержания общего среднего образования

Вопросы о соотношении общего, технического и профессионального образования, изучаемые М.Н. Скаткиным и другими исследователями, находят отражение в Оренбургской области. Оренбургский педагогический институт становится центром научно-методической работы в регионе: проводятся зональные конференции, съезды, семинары, выпускаются сборники методических материалов. Подчеркивалась необходимость сближения педагогической науки и школьной практики, устранялся разрыв между теорией и возможностями обычных школ, не имевших экспериментальной базы. В отчетах о работе института поднимаются вопросы о частой смене про-

грамм и учебников, их слабой обоснованности и оторванности от условий школы [2, с. 113]. Разработка трудового обучения как части содержания образования находится в стадии наиболее продуктивного развития. «В Оренбургской области задачи производственного воспитания реализовывались как на уровне региональной образовательной политики, так и через конкретные педагогические практики в школах... выпускники Шарлыкской средней школы в те годы получали серьезную общеобразовательную подготовку... поступали в МГУ, МВТУ, Куйбышевский, Свердловский политехнические институты» [3, с. 115].

В рамках второго, *стабильно-подготовительного этапа*, с 1966 по 1984 г., автором были выделены следующие направления педагогической деятельности.

1. Теория учебной деятельности

В 1960–1980-е гг. советскую педагогическую систему затронул кризис, вызванный ограниченностью традиционной модели обучения. П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, Г.П. Щедровицкий, В.В. Давыдов, Д.Б. Эльконин отмечали необходимость коренных преобразований, настаивая на пересмотре устоявшихся предметных границ и разработке новых методов обучения, опирающихся на достижения психологии и методологии.

Анализ экспериментальной образовательной практики Оренбургской области не выявил системного внедрения подобных разработок, однако отдельные методические находки (организация проблемных ситуаций, элементы поисково-исследовательской деятельности обучающихся) могут быть интерпретированы как частичное следование направлению. Например, сотрудником педагогического института М.И. Заболотневым был поставлен эксперимент по методу поэтапного формирования умственных действий (по П.Я. Гальперину) с ориентацией на интериоризацию действий при изучении истории – по общей линии с В.В. Давыдовым. Исследование сочетается с принципами системного формирования действий, характерного для школы Леонтьева – Давыдова.

2. Теория содержания общего среднего образования

В продолжавшем развитие направлении политехнизации образования и трудового воспитания в Оренбургской области можно найти отголоски практического воплощения концепции данных авторов. М.Н. Скаткин подчеркивал важность не только усвоения знаний, но и овладения способами деятельности, формирования личностных качеств через труд и творчество [5, с. 102]. Автор находит эти принципы в таких элементах

трудового воспитания, как участие школьников в производственном обучении, работа в совхозах и колхозах, создание УПК. Эти же приемы соответствуют взглядам И.Я. Лернера о том, что содержание образования должно соответствовать социальному заказу общества [6, с. 33].

Реализация подхода в данном периоде также заметна в попытках педагогов Оренбургской области использования проектной, поисковой деятельности. В этот период трудовое воспитание в Оренбургской области приобрело устойчивый, системно организованный характер, тесно связанный с производством, профориентацией и воспитанием личности, отмечена вместе с тем некоторая консервация подходов. Политехнизация обучения подразумевала укрепление межпредметных связей и единство изучаемого материала с внеклассной работой, а эстетическое воспитание (на примере школы № 51 Оренбурга), отмеченное в архивных документах интеграцией искусства в учебный процесс, использовалось как средство развития ассоциативного мышления, мотивации и языковой культуры обучающихся и вошло в данный период в урочную систему [7, с. 30].

3. Продолжение развития гуманистического направления и зарождение педагогического новаторства

Согласно архивным данным Оренбургского института усовершенствования учителей, в Оренбургской области среди исследований появляются работы, в которых сделан акцент на социальное окружение, семейные условия обучающихся, школьную среду. Встречается критика формализма в подходах, недостаточно индивидуальной работы; прослеживается трансформация трудового воспитания в русле гуманистических традиций – оно постепенно приобретает личностно-ориентированный характер.

Развитие трудового воспитания в 1960–1970-е гг. сопровождалось рядом новаторских исследований, направленных на изучение личности школьника через творческую и физическую активность. В направлении ранней профориентации и трудового воспитания показательным примером стала разработка системы «Зеленый колосок», инициированная Н.К. Калугиным. Проект, задуманный как промежуточная ступень между детским садом и школой, сочетал цели формирования трудовых навыков и эстетического восприятия окружающей действительности [8].

В рамках третьего, *инновационно-преобразовательного этапа*, с 1966 по 1984 г., авторами были выделены следующие направления педагогической деятельности.

1. Изменение содержания образования

В исследуемый период в Оренбургской области в ряде региональных школ шли интенсивные процессы переосмысления учебных программ, внедрялись новые формы и методы преподавания, шел отказ от знаниецентризма в пользу более дифференцированного, целенаправленного и гуманистически ориентированного подхода. Наблюдается широкая работа по обновлению содержания образования через внедрение вариативных учебных планов, углубленного изучения предметов и профильного обучения. Школы нового типа в Оренбурге, Орске, Гае и других районах специализировались на гуманитарном, политехническом, художественно-эстетическом и естественно-научном направлениях. Происходило внедрение экспериментальных учебных планов и авторских программ, учитывающих специфику конкретных школ и территорий. Среди них программа опережающего обучения в начальной школе (Топкая начальная школа, учитель М.А. Мясникова), авторская программа обучения литературе (г. Ясный, СШ № 2, О.В. Шупенко), а также специальные программы по национальным языкам и обучение в ДОО на иностранных языках [9, с. 25]. Происходит разработка систем оптимизации учебного процесса, таких как переход на пятидневную неделю, введение динамических часов, эксперименты с числом уроков.

Важны для исследования эксперименты школы № 12, где под руководством научного консультанта школы, канд. пед. наук В.Г. Рындак и директора школы З.Г. Серазетдиновой была выстроена модель индивидуализированного обучения: создание классов по уровню обучаемости, углубленное изучение предметов, обучение по индивидуальному плану. Это позволило реализовать гуманистические принципы личностного роста и профессионального самоопределения обучающихся [10, с. 33].

2. Внедрение педагогики сотрудничества

Публикация воззрений учителей-новаторов в «Учительской газете» запустила волну интереса к педагогическим проблемам. Манифест освещало телевидение, организовывало встречи с педагогами [11, с. 75]. Активное распространение идей педагогики сотрудничества в Оренбургской области отражено как в отчетных документах, так и в практической деятельности образовательных учреждений. Одним из значимых примеров является школа № 56, где в 1988–1991 гг. началась реализация программы «Экология и диалектика», включающей внедрение педагогики сотрудничества, овладение инновационными технологиями и не-

стандартными формами обучения. Использовались методы Лысенковой, Амонашвили, Шаталова [12, с. 4]. В решении президиума Совета Педагогического общества Оренбургской области от 1987 г. также содержится информация о пропаганде передового педагогического опыта и идей педагогики сотрудничества [13, с. 4].

3. Развитие аксиологической школы

Направление начинает свое становление в СССР уже в 1960-е гг. С.А. Антоненко пишет: «Оно возникло на фоне реформ и изменений в обществе, которое, под влиянием социальных заказов, само подготовило почву для проникновения гуманистических идей в образовательную сферу» [14, с. 149]. В Оренбургской области аксиологическое направление развивается в конце данного периода и связано с именем А.В. Кирьяковой. В 1991 г. А.В. Кирьякова защищает диссертацию по теме «Ориентация школьников на социально значимые ценности», в которой исследует реалии аксиологии образования, а в последующем в Оренбургском государственном университете интерпретирует полученные данные в аксиологизации университетского образования. В.Г. Рындак пишет: «Ею была разработана принципиально новая методология и освоен новый экспериментальный уровень исследований по ценностным ориентациям, ценностному самоопределению» [15, с. 84].

4. Педагогическое наставничество и педагоги-новаторы

В 1970–1990-е гг. обобщаются результаты углубленного научного изучения социального явления новаторства. 1980-е гг. характеризуются исследователями как период расцвета наставничества: новаторам вручаются награды, массово разрабатываются методические рекомендации, связанные с наставничеством. В практике Оренбургской области примеры педагогического новаторства встречались на протяжении всего периода, но, говоря о 1984–1992 гг., автор может отметить продолжение работы передовых директоров школ. С инновационно-преобразовательным периодом связано имя З.Г. Серазетдиновой, В.А. Вялых. Важной организацией, повлиявшей на внедрение новых педагогических идей, стал Научно-методический центр по разработке и внедрению новаторских идей, основанный в 1988 г. Центр объединил педагогов и студентов, связанных с коммунарской методикой – предтечей педагогики сотрудничества. Он координировал работу в школах и ПТУ Оренбургской области (школы № 5, 12, 39, 73 в Оренбурге и другие школы в районах). Так, в школе № 11 была организована работа по пропаганде идей сотрудничества,

в том числе через педагогические обмены: делегация школы посетила г. Донецк для изучения и освоения опыта В.Ф. Шаталова. В малых школах и сельских районах также развивалась инициатива педагогов-новаторов. В Тоцкой начальной школе разработана программа опережающего обучения в начальных классах, в школе № 2 г. Ясный – авторская программа преподавания литературы.

Заключение

В результате исследования архивных источников Объединенного государственного архива Оренбургской области, Института усовершенствования учителей, архивов школ г. Оренбурга, научных статей были выявлены и систематизированы актуальные направления педагогической науки и пути их реализации в Оренбургской области во второй половине XX в. Для первого этапа (1958–1966 гг.) характерны замена функционального подхода системным, активное развитие трудового воспитания, открытость реформам, формирование методологической базы. Для второго этапа (1966–1984 гг.) характерно стабильное развитие теоретико-методологических подходов, стабилизация и консервация трудового воспитания, развитие гуманистических традиций, опосредованное следование научным разработкам, осуществлявшимся на всесоюзном уровне. Для третьего этапа (1984–1992 гг.) характерны значимые изменения в содержании образования, возрождение экспериментальных практик, внедрение педагогики сотрудничества и становление аксиологического направления.

Педагогическая наука и образовательная практика в Оренбургской области во второй половине XX в. развивались поступательно, с усилением реформаторской активности в начале, стабилизацией и консервацией в середине всего изучаемого периода и повышением связи науки и образования, внедрением инноваций в завершении периода.

Список литературы

1. Хлебников Д.В. Роль социального заказа в становлении системного подхода в теории воспитания отечественной педагогики в 60–80-е гг. XX в. // Теория и практика общественного развития. 2015. № 6. С. 155–158. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sotsialnogo-zakaza-v-stanovlenii-sistemnogo-podhoda-v-teorii-vospitaniya-otechestvennoy-pedagogiki-v-60-80-e-gg-hh-v> (дата обращения: 07.06.2025).
2. Доклады ректора института и основные мероприятия по дальнейшему улучшению учебно-воспитательной и научно-исследовательской работы за 1959/60 и 1960/61 уч. г. ГБУ ОГАОО. Ф. Р. 971. Ед. хр. 602. 251 л.
3. Голубничий А.С. Полвека на ниве просвещения. Оренбург: ГУ «РЦРО», 2010. 187 с.
4. Трынов А.Д. Путевка в жизнь. Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1987. 126 с. ISBN 5-7688-0177-4.
5. Аллагулов А.М., Храмов Д.И. Опыт сельских лабораторий трудового воспитания школьников в советской педагогике // Реализация идейного потенциала историко-педагогического знания в контексте современной образовательной политики: сборник научных трудов международной научно-практической конференции – XXXVI сессия Научного совета по проблемам истории образования и педагогической науки при Отд. философии образования и теорет. педагогики РАО / Под ред. М.В. Богуславского, С.В. Куликовой. Волгоград: Редакционно-издательский центр ВГАПО, 2023. С. 415–423. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54363764&pf=1> (дата обращения: 07.06.2025).
6. Богуславский М.В., Занаев С.З. Формирование М.Н. Скаткиным теоретических основ политехнического образования школьников в 50–80-е гг. XX века // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2019. № 4 (116). С. 100–104. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-m-n-skatkinym-teoreticheskikh-osnov-politehnicheskogo-obrazovaniya-shkolnikov-v-50-80-e-gg-hh-veka?ysclid=mel7qvfw1987555018> (дата обращения: 07.06.2025).
7. Осмоловская И.М. И.Я. Лернер о процессе обучения: современное прочтение // Отечественная и зарубежная педагогика. 2017. Т. 1. № 3 (39). С. 31–41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/i-ya-lerner-o-protseesse-obucheniya-sovremennoe-prochtenie/viewer> (дата обращения: 07.06.2025).
8. Из опыта работы школы № 51. Система эстетического воспитания в средней школе № 51. Оренбург, 1964. Архив ИПК. Дело 88. 34 л.
9. Храмов Д.И. Педагогическая наука Оренбургской области XX века: 1966–1984 // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. 2025. № 02 (103). URL: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/pedagogicheskaya-nauka-orenburgskoj-oblasti-xx-veka-1966-1984.html> (дата обращения: 07.06.2025).
10. Материалы (протокол, выписка из протокола, оглавление, авторская справка, рецензия, отзыв) сборника № 30 (педагогика и психология) / ГБУ ОГАОО. Ф. 971. Ед. хр. 835. 277 л.
11. Рындак В.Г. Школа в условиях обновления: из опыта работы школы № 12 г. Оренбурга. М.: Институт теоретической педагогики и международных исследований в области РАО, 1993. 168 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=rudpgn&ysclid=mdemx6ywb512833513> (дата обращения: 07.06.2025).
12. Помелов В.Б. Движение педагогов-новаторов 1980-х годов: к 30-летию педагогики сотрудничества // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2016. № 4 (32). С. 74–89. URL: <https://elibrary.ru/XVSVPV?ysclid=md5x2gd838148057971> (дата обращения: 07.06.2025).
13. Программа эксперимента по внедрению модели «Экология и диалектика» профессора Л.В. Тарасова в школе № 56 / Архив МОАУ «СОШ № 56» им. Хана В.Д. Оренбург, 1990. 7 л.
14. Материалы 3 пленума Областного совета Педагогического общества РСФСР, 1987, г. Оренбург / Архив ИПК. Оп. 2. Д. 45. 12 с.
15. Антоненко С.А. Становление аксиологических оснований отечественной педагогики в конце 50-х – начале 60-х годов XX века // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. № 4. С. 148–154. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-aksiologicheskikh-osnovaniy-otechestvennoy-pedagogiki-v-kontse-50-h-nachale-60-h-godov-xx-veka?ysclid=md5x41elx1999642552> (дата обращения: 07.06.2025).
16. Рындак В.Г. Ценностные ориентиры и достояние научной школы Аиды Васильевны Кирьяковой // Историко-педагогический журнал. 2022. № 2. С. 82–90. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsennostnye-orientiry-i-dostoyaniye-nauchnoy-shkoly-aidy-vasilvny-kiryakovoy?ysclid=md5x4paj3s363191540> (дата обращения: 07.06.2025).

УДК 37.02:371.3
DOI 10.17513/snt.40476

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА УМСТВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ СРАВНЕНИЯ В ПРЕДМЕТНОЙ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Якунчев М.А.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: natashasemenovak@mail.ru

Актуальность проблемы исследования связана с необходимостью формирования у обучающихся умственного действия сравнения, имеющего универсальный характер. Полученные эмпирические данные позволяют утверждать, что большая часть респондентов-старшеклассников затрудняются в пояснении смысла сравнения с метапредметной позиции и его применении в соответствующих предметных ситуациях. Выявлен факт недостаточного владения инструментарием сравнения самим учителем. Цель статьи заключается в определении потенциала умственного действия сравнения для повышения качества предметной подготовки обучающихся. Теоретическими методами исследования выступают анализ литературы, обобщение и систематизация материала о сравнении как универсальном учебном действии. Эмпирическими методами – констатирующий и формирующий эксперименты, индивидуальная и фронтальная беседы, контрольная работа как способы диагностического назначения. Основные результаты статьи включают сформулированное определение понятия «сравнение», выраженные правила и виды сравнения. Они также включают материалы опытно-экспериментальной работы по последовательному формированию названного действия у одиннадцатиклассников при изучении материала об эволюции органического мира. На первом – предварительном этапе предлагается фиксировать внимание на функциях и способах применения сравнения с формулированием вывода о необходимости обращения к нему при рассмотрении последующих тем уроков. На втором – основном этапе учителем предлагаются образцы разных форм грамотного выражения учебного материала в сравнительном ключе, а также предоставляется обучающимся возможность для самостоятельного выполнения заданий в обозначенном направлении. На третьем – заключительном этапе рекомендуется обсудить достижения обучающихся с обращением к аналитическим материалам об использовании сравнения с позиции овладения ими предметно-биологическим материалом. О положительном итоге реализованных этапов можно утверждать на основе проведенных бесед с обучающимися и результатов анализа контрольных заданий.

Ключевые слова: общеобразовательная школа, старшеклассники, умственное действие сравнение, реализация потенциала сравнения в предметно-биологической подготовке

USING THE POTENTIAL OF MENTAL COMPARISON IN THE SUBJECT TRAINING OF GENERAL SCHOOL STUDENTS

Yakunchev M.A.

Mordovian State Pedagogical University, Saransk, e-mail: natashasemenovak@mail.ru

The relevance of the research problem is related to the need to form a universal mental action of comparison in students. The empirical data obtained suggests that a large number of high school students find it difficult to explain the meaning of comparison from a meta-subject perspective and to apply it in relevant subject-specific situations. The study also reveals that teachers themselves do not have sufficient proficiency in the use of comparison tools. The purpose of this article is to explore the potential of the mental action of comparison for improving the quality of students' subject-specific education. The theoretical methods used in this research include literature analysis, generalization, and systematization of information about comparison as a universal learning action. Empirical methods include ascertaining and forming experiments, individual and frontal conversations, and control work as diagnostic methods. The main results of the article include a formulated definition of the concept of "comparison". They also include materials from experimental work on the consistent formation of the named action in eleventh-grade students when studying the material on the evolution of the organic world. At the first, preliminary stage, it is proposed to focus on the functions and methods of applying comparison, with the formulation of a conclusion about the need to refer to it when considering subsequent lesson topics. At the second, main stage, the teacher provides examples of different forms of competent expression of the educational material in a comparative manner, and also provides students with the opportunity to independently complete tasks in this direction. At the third and final stage, it is recommended to discuss the students' achievements by referring to the analytical materials on the use of comparison in terms of their mastery of subject-specific biological material. The positive outcome of the implemented stages can be confirmed based on the discussions with the students and the results of the analysis of the control tasks.

Keywords: secondary school, high school students, mental action of comparison, realization of the potential of comparison in subject-based biological training

Введение

Применение различных умственных действий в предметной подготовке обучающихся с позиции реализации новой редакции федеральных государственных об-

разовательных стандартов по-прежнему представляется как одна из актуальных проблем общего образования. Многие такие действия, как известно, являются универсальными, имеют надпредметный харак-

тер, ибо их можно применять при изучении любого предмета учебного плана. Более того, они выступают в качестве необходимых средств, обеспечивающих организацию и осуществление учебно-познавательной деятельности обучающихся. Среди них особое положение занимает умственное действие сравнения, включающее обучающихся в ситуации анализа, установления разных видов связей на основе выявления в изучаемом объекте его новых свойств [1-3].

Цель исследования: определение потенциала умственного действия сравнения в аспекте разработки методики его применения для повышения качества предметной подготовки обучающихся.

Материал и методы исследования

В качестве материалов исследования используются результаты изучения философской, педагогической и методической литературы для конкретизации сущности умственного действия сравнения, имеющего универсальный характер, а также полученные авторами знания в табличных конструкциях. Теоретическими методами исследования выступают анализ литературы, обобщение и систематизация материала с использованием сравнения как умственного действия в предметной подготовке обучающихся; эмпирическими – констатирующий и формирующий эксперименты, индивидуальная и фронтальная беседа, контрольная работа. Исследование проведено в 2024 – 2025 учебном году с учителями и обучающимися общеобразовательных школ №№ 2, 17, 24 г. о. Саранск Республики Мордовия.

Результаты исследования и их обсуждение

Новая редакция федеральных государственных образовательных стандартов общего образования предполагает задействование в предметной подготовке обучающихся трех групп универсальных учебных действий [4-6]. При их задействовании в образовательном процессе они получают широкие возможности для вхождения в ситуацию «умения учиться», что предполагает восприятие нужной информации, осмысление и применение в практике самостоятельной работы [7; 8]. Среди умственных действий универсального назначения при осуществлении предметно-биологической подготовки обучающихся, несомненно, особое внимание должно обращаться на сравнение [9; 10]. Именно оно дает возможность учителю и обучающимся сопоставить два или несколько объектов (предметов, явлений, процессов) живой природы на основе определения их существенных признаков,

отсекая признаки несущественные, обнаружить и объяснить черты сходства и различия, сформировавшиеся под влиянием различных факторов среды жизни [11; 12].

Однако в реальной практике дело обстоит не так благополучно. Как показало исследование авторов, в котором приняли участие 44 учителя со стажем работы до 10 лет, а также 52 одиннадцатиклассника, обе категории респондентов испытывают определенные барьеры при использовании сравнения в предметно-биологической подготовке. Об этом можно судить на основе анализа полученных эмпирических данных. Так, 18 учителей (43%) из обозначенного выше количества затрудняются в определении назначения (цели) сравнения при изучении того или иного содержания учебного материала. Большая часть учителей – 25 (56%) не смогли назвать наиболее приемлемые виды сравнения в определенной их структурной полноте. Примерно такое же количество респондентов затруднились грамотно выразить последовательность выполнения действий, которую должны совершить обучающиеся при выполнении сравнения в полном и неполном его выражении [13; 14]. Еще большее количество отвечающих учителей – 29 (65%) затруднились назвать наиболее приемлемые для обучающихся формы выражения результатов сравнения.

Большая часть (37–72%) обучающихся выразили мнение о важности и необходимости применения сравнения, однако вместе с этим затруднились ответить на вопрос: в отношении какого предметно-биологического материала лучше его задействовать? Еще большее количество (42–81%) обучающихся испытывали трудности в выражении сущности умения сравнивать биологические объекты (предметы, явления, процессы) с позиции его метапредметного назначения и, как следствие, эти трудности проявлялись при переносе названного действия в заданные учителем предметные ситуации его использования [15; 16].

Получается, что имеется объективная потребность в выражении метапредметной сущности сравнения, его видов и правил для грамотного применения в процессе предметно-биологической подготовки обучающихся общеобразовательной школы (табл. 1).

Учитывая представленные выше эмпирические данные о трудностях определения учителем и обучающимися предметного материала для сравнения, в дополнение к метапредметному его представлению определим и выразим содержательные доминанты, при изучении которых явно напрашивается практикование названного умственного действия.

Таблица 1

Сущность, правила и наиболее распространенные виды сравнения
как метапредметного действия для его применения
в предметной подготовке обучающихся

Сущность и виды сравнения		
Сравнение – умственное действие универсального назначения, предназначено для установления сходства и различия объектов (предметов, явлений, процессов) окружающего мира		
Для выполнения действия сравнения следует соблюдать правила :		
1) важно сравнивать такие объекты (предметы, явления, процессы), которые действительно имеют явные связи между собой; 2) важно определиться с основанием, по которому будут сравниваться объекты (предметы, явления, процессы); 3) важно проводить сравнение двух или нескольких объектов (предметов, явлений, процессов) по одному и тому же признаку, взятому в одном и том же отношении; 4) важно всякое сравнение проводить не по первым попавшимся признакам, а по таким, которые имеют существенное значение для выполнения данной операции		
Сравнение может выполняться в зависимости от выдвинутой цели (задач):		
сравнение одного или нескольких объектов (предметов, явлений, процессов) только по сходству признаков	сравнение одного или нескольких объектов (предметов, явлений, процессов) только по различию признаков	сравнение одного или нескольких объектов (предметов, явлений, процессов) и по сходству, и по различию признаков
если в каждом случае формулируется вывод, то сравнение будет полным ; если вывод не формулируется, то сравнение будет не полным		
результаты сравнения могут представляться в разных формах (текстовой, табличной, схематической, графической, изобразительной, модельной и др.)		

Примечание: составлено автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Таковыми доминантами выступают следующие.

1. Сравнение биологических объектов по морфологическим и анатомическим признакам: действие устанавливать их сходства и различия по внешним (форма, размер, окраска, характер покровов, рисунок, структура) и внутренним (общая организация полости тела, организация отдельных органов и систем органов) особенностям; такое сравнение необходимо для выяснения общей организации изучаемых объектов, характеристики их составных частей с позиции расположенности относительно друг друга; определения родственных связей между организмами в направлении восстановления эволюционной истории.

2. Сравнение биологических объектов по систематическим признакам: действие устанавливать сходства и различия между представителями разного ранга таксонов – видов, родов, семейств, отрядов, классов, отделов, царств; такое сравнение необходимо для выяснения свойств каждого из таксонов, причин их возникновения и изменчивости под влиянием факторов внутренней и внешней сред, выстраивания иерар-

хии групп живых существ, определения их эволюционного родства.

3. Сравнение биологических объектов по физиологическим признакам: действие устанавливать сходства и различия в жизнедеятельности живых систем, особенно организмов – представителей разных видов, по способам обмена веществ, питания, дыхания, пищеварения, кровообращения, воспроизводства потомства, роста, развития; такое сравнение необходимо для выяснения принадлежности организма к конкретному виду по аналогичным жизненно важным процессам, а также определения механизмов приспособления живых существ к изменяющимся условиям.

4. Сравнение биологических объектов по экологическим признакам: действие устанавливать сходства и различия последствий воздействия абиотических, биотических и антропогенных факторов окружающей среды на организмы и популяции видов; определять сходства и различия в структуре и функционировании систем более высокого ранга – биоценозов и экологических систем естественного и искусственного происхождения; такое сравнение необходимо для выяснения взаимоотношений орга-

низмов между собой, между ними и средой обитания, определения причин снижения и (или) увеличения биологического разнообразия, мер охраны редких и исчезающих видов, способов поддержания устойчивого состояния экологических систем.

5. Сравнение биологических объектов по эволюционным признакам: действие устанавливать сходства и различия в организации и функционировании одного и того же органа у разных видов живых существ в направлении их изменений на протяжении определенного промежутка времени под влиянием различных факторов; объяснять сущность естественного и искусственного отбора, микроэволюции и макроэволюции; изучать эволюцию рода Номо (Люди), включая прямых предков современного человека, на основе сопоставления черепов, зубного аппарата, скелетных костей и других анатомических признаков; такое сравнение необходимо для выяснения последствий и результатов эволюционного процесса, понимания того, как происходили и происходят сейчас постепенные количественные и качественные изменения в органической природе земной планеты.

6. Сравнение биологических объектов по генетическим признакам: действие устанавливать сходства и различия между структурами и функциями дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот, генетической информации и геномов разных видов растений, животных, родственных людей, способов деления клеток (мейоза и митоза), результатов моногибридного и дигибридного скрещивания особей; такое сравнение необходимо для определения эволюционных и родственных связей, предсказания передачи наследственных признаков от родителей к потомкам, получения новых сортов растений и пород сельскохозяйственных животных.

С опорой на изложенные теоретические рассуждения представим материалы опытно-экспериментальной работы по формированию у старшеклассников умственного действия сравнения в процессе изучения одной из сложных тем «Эволюционная биология». По федеральной рабочей программе на нее отведено 9 уроков, которые в эксперименте дополнялись еще двумя уроками из имеющегося резерва часов. Работа со стороны учителей-экспериментаторов была организована по определенным этапам: предварительному, основному и заключительному.

Предварительный этап выступал в качестве пропедевтического для актуализации у обучающихся уже имеющихся знаний об эволюции как о постепенном и поступа-

тельном преобразовании природы в целом, ее отдельных объектов в частности, а также необходимости применения различных методов для ее изучения. В эксперименте на данном этапе – вначале изучения темы было проведено два урока. *Первый урок* «Эволюция и основные этапы развития эволюционной теории» необходимо посвятить обсуждению сущности понятия «эволюция». Внимание обучающихся фиксируется на этапах развития эволюционной теории: 1) древние философы – появление эволюционной идеи (природный мир и живые организмы изменяются); 2) Ж.Б. Ламарк – учение об эволюции (организмы в природе изменяются при их стремлении к совершенствованию на основе упражнения и неупражнения органов); 3) Ч. Дарвин – теория эволюции (биологические виды возникают в силу естественного отбора особей и их борьбы за существование); 4) С.С. Четвериков, Н.П. Дубинин, Ф.Г. Добржанский, Дж. Хаксли и др. – синтетическая теория эволюции (органический мир развивается на основе естественного отбора признаков, предопределяемых генетическим материалом особей как представителей биологического вида). Обсуждение приведенных положений является важным потому, что у учителя появляется возможность для грамотного определения и характеристики методов изучения эволюционных явлений и процессов. *Второй урок* «Методы изучения эволюции» важно посвятить определению и обсуждению свидетельств изменений, происходящих в органическом мире, а в согласовании с ними и способов их познания – палеонтологического, биогеографического, морфологического, эмбриологического, генетического, биохимического, экологического. При этом отмечается, что эти методы специфичны, ибо выражены с позиции предметного содержания учебного материала, и каждый из них при изучении последующих тем уроков предполагает задействование анализа, установления причинно-следственных связей, обобщения и особенно сравнения. Поэтому с использованием фронтальной беседы выясняется его смысл с фиксированием внимания на том, что сравнение одновременно выступает и как умственное действие для проникновения в сущность изучаемых объектов. С помощью презентации демонстрируется модель сравнения с указанием его общей структуры с вариантами по признаку полное/неполное сравнение, а также форм рационального выражения учебного материала. В рамках палеонтологического и биогеографического методов изучения эволюции с использованием текста учебника обучающимся предлагается

выполнить упражнения по выяснению признаков сходства ископаемых и современных форм живых существ, признаков различия представителей животного и растительного мира выбранных материков и островов.

Совместными усилиями учителя и обучающихся формулируется вывод о необходимости постоянного обращения к сравнению при изучении материала об эволюции органического мира.

Таблица 2

Использование сравнения для овладения обучающимися предметным материалом при изучении темы «Эволюционная биология»

Программное содержание	Использование сравнения
<i>Урок 3 «Краткая история развития представлений об эволюции»</i>	
1. Предпосылки возникновения дарвинизма (естественно-научные и социально-экономические). 2. Сущность теории эволюции Ч. Дарвина. 3. Приоритетные положения синтетической теории эволюции	Сравнение взглядов К. Линнея, Ж.Б. Ламарка, Ч. Дарвина на биологический вид и эволюцию по различию (полное); форма выражения результата сравнения – простая обобщающая текстовая таблица. Сравнение естественного и искусственного отбора по различию (полное); форма выражения результата сравнения – простая обобщающая текстовая таблица
<i>Урок 4 «Критерии и структура биологического вида»</i>	
1. Вид как основная систематическая единица и целостная биологическая система. 2. Критерии вида: морфологический, физиологический, биохимический, генетический, экологический, географический	Сравнение особей двух видов одного рода растений на основе морфологического критерия по сходству и различию (полное); форма выражения сравнения – сложная обобщающая текстовая таблица
<i>Урок 5 «Движущие силы эволюции»</i>	
1. Движущие силы как факторы эволюции биологических видов в природе. 2. Элементарные факторы эволюции: мутационный процесс, наследственная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, изоляция, миграция. 3. Связь между механизмом и результатом действия движущих сил (элементарных факторов) эволюции	Сравнение ненаследственной и наследственной изменчивости по четырем признакам различия (полное); форма выражения сравнения – последовательная логическая схема
<i>Уроки 6-7 «Естественный отбор и его формы»</i>	
1. Естественный отбор как выживание особей, наиболее приспособленных к условиям среды. 2. Формы естественного отбора: движущий, стабилизирующий, дизруптивный. 3. Борьба за существование и ее виды – межвидовая, внутривидовая, борьба с неблагоприятными факторами внешней среды	Сравнение форм естественного отбора по различию с приведением примеров из мира живой природы (полное); форма выражения сравнения – последовательная логическая схема. Сравнение видов борьбы за существование по различию с приведением примеров из мира растений и животных (полное); форма выражения сравнения – краткая запись в трех пунктах с указанием для каждого из них по два отличительных признака
<i>Урок 8 «Результаты эволюции»</i>	
1. Приспособленность организмов. Ароморфозы и идиоадаптации. 2. Видообразование; формы – экологическое и географическое видообразование	Сравнение форм видообразования по сходству и различию (полное); форма выражения сравнения – последовательная логическая схема с указанием результатов действия двух явлений
<i>Уроки 9 – 10 «Направление и пути макроэволюции»</i>	
1. Макроэволюция. Формы эволюции: филетическая, дивергентная, конвергентная, параллельная. 2. Прогрессирующая специализация и адаптивная радиация в эволюции	Сравнение форм эволюции по различию (полное); форма выражения сравнения – сложная текстовая таблица. Сравнение биологического прогресса и регресса по различию (полное); форма выражения сравнения – обобщающий рисунок с «зеркальным» отражением признаков

Таблица 3

Форма выражения сравнения в виде текстовой таблицы
для систематизации учебного материала

Признаки сравнения	Эволюционная теория Ч. Дарвина	Синтетическая теория эволюции
<i>по различию:</i> 1) трактовка термина «естественный отбор»	избирательное выживание и размножение особей биологического вида, наиболее приспособленных к данным условиям среды обитания, и гибель наименее приспособленных	избирательное воспроизводство генотипов особей в популяциях биологического вида
2) единица эволюции	биологический вид	популяция биологического вида
3) факторы эволюции	наследственность, изменчивость, борьба за существование, естественный отбор	мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, изоляция, естественный отбор
4) формы естественного отбора	движущий (и половой как его разновидность)	движущий, стабилизирующий, дизруптивный
<i>по сходству:</i> 1) движущий фактор эволюции	естественный отбор	
2) основные результаты эволюции	1) возникновение и закрепление приспособлений особей (организмов) к условиям среды обитания; 2) повышение уровня организации особей (организмов) с приростом их многообразия; 3) появление новых биологических видов; 4) увеличение видового разнообразия	

Примечание: эталон выражения сравнения в виде текстовой таблицы составлен автором на основе обработки полученных от обучающихся материалов индивидуальной и (или) групповой работы под руководством учителя-предметника.

Основной этап реализовался на последующих уроках темы в направлении изучения эволюционного материала с применением разных вариантов сравнения для достижения планируемых результатов предметной подготовки обучающихся. Они предупредились, что учебная деятельность в обозначенном направлении будет выполняться с привлечением как школьного учебника, так и других источников, дополняющих учебный материал в рамках школьной программы. Обобщенная картина об использовании сравнения как умственного действия для овладения предметно-биологическим материалом обучающимися 11 класса представлена в таблице (табл. 2).

Учитывая содержание таблицы, можно утверждать, что применение сравнения для овладения материалом эволюционного содержания не является случайным. Именно на основе установления признаков сходства и различия в строении, развитии и функциях разных органических форм в составе мира живого, возникает объективная возможность для выстраивания «знаниевых картин» частного и обобщенного характера. В первом случае имеются в виду «картины» о предпосылках возникновения дарвинизма, движущих силах и элементарных факторах эволюции, естественном и искусственном отборах, формах видоо-

бразования. Во втором случае – «картины» о целостности природы и жизни, сущности эволюционной теории Ч. Дарвина, синтетической теории эволюции, причинах происхождения живых существ и их изменений под влиянием многообразия факторов среды обитания, направлениях и результатах макроэволюции. Ценность сравнения при изучении эволюционного материала еще определяется тем, что обучающиеся вынуждены погрузиться в его сущность, обратившись к анализу; абстрагированию; обобщению (табл. 3).

Отметим, что составление таблиц с использованием умственного действия сравнения осуществлялось на уроках обучающимися под руководством учителя. Данная таблица применялась в случае, когда необходимо было систематизировать информацию на основе проведения параллелей между соответствующими в смысловом отношении эволюционными явлениями, процессами, а также конструктами теоретического назначения. Первая колонка в этих таблицах служит для указания признаков сравнения, а две или несколько других колонок – для занесения соответствующих сведений. Как показал эксперимент, такие таблицы при их составлении у обучающихся не вызывают больших трудностей, ибо они уже до этого выполняли подобную

работу. В рамках изучения эволюционного материала текстовые таблицы эффективны при рассмотрении предпосылок возникновения дарвинизма, критериев биологического вида, форм естественного отбора и видов борьбы за существование. Лучше всего их выполнять обучающимися с использованием текста учебника, что обеспечивает их приобщение к смысловому чтению и хорошему запоминанию материала предыдущего урока.

Не сложной, но вызывающей интерес у обучающихся представляется форма сравнения в виде кратких записей по определенным пунктам (табл. 4).

Таблица такой формы имеет две особенности. Первая заключается в том, что в отношении нескольких эволюционных явлений, проявляющихся в рамках одного процесса, необходимо обнаружить только признаки отличия, только признаки сходства или одновременно те и другие. Вторая особенность – это поиск и приведение примеров к каждому из пунктов, а также формулирование вывода, отражающего сущность рассматриваемого процесса с позиции названных признаков. Как показал эксперимент, перед введением данной формы в про-

цесс изучения учебного материала учителю следует дать рекомендации по выполнению соответствующих действий.

Довольно сложной представляется форма выражения сравнения в виде одновременного «зеркального» отражения признаков различия двух эволюционных явлений или процессов. Сложность заключается не столько в определении их противоположно направленных действий, а сколько в определении собственно отличительных признаков. Поиск этих признаков побуждает обучающихся обнаруживать для фиксации конкретных их выразителей, приводить примеры, а главное, формулировать вывод мировоззренческого значения. Предлагаемую форму сравнения лучше использовать при рассмотрении следующих «пар явлений»: естественный и искусственный отбор, микроэволюция и макроэволюция, дивергенция и конвергенция признаков, межвидовая и внутривидовая борьба, мутационная и комбинативная изменчивость. Форма сравнения представлена в таблице (табл. 5).

Более сложной представляется форма выражения сравнения двух явлений в виде таблицы 6.

Таблица 4

Форма выражения сравнения в виде краткой записи в нескольких пунктах с указанием для каждого из них по два отличительных признака

Виды борьбы за существование	Признаки	Примеры
Внутривидовая	1) происходит между особями одного биологического вида; 2) служит сохранению популяций и биологического вида в целом из-за гибели или неучастия в размножении наименее приспособленных особей	примеры: у некоторых видов птиц (чаек) при обилии птенцов сильные из них выталкивают из гнезд слабых, обрекая на гибель
Межвидовая	1) происходит между особями разных биологических видов; 2) обеспечивает превосходство более жизнеспособных особей или популяций одного биологического вида над менее жизнеспособной особью или популяцией другого биологического вида	примеры: сорные растения в агроценозах угнетают культурные растения
С неблагоприятными условиями среды	1) происходит между особями или популяциями биологического вида и средой обитания; 2) приводит к выживанию в изменившихся средах обитания наиболее приспособленных особей или популяций биологического вида	примеры: сезонная смена меха у млекопитающих; сезонные перелеты и кочевки птиц; зимняя спячка животных
Вывод: все виды борьбы за существование обеспечивают выживание и размножение наиболее приспособленных в среде обитания особей, популяций биологических видов при естественном регулировании их численности и ее поддержании на определенном уровне		

Примечание: эталон выражения сравнения в виде краткой записи в нескольких пунктах с указанием для каждого из них по два отличительных признака составлен автором на основе обработки полученных от обучающихся материалов индивидуальной и (или) групповой работы под руководством учителя-предметника.

Таблица 5

Форма выражения сравнения в виде «зеркального» отражения признаков сходства и различия двух явлений

биологические виды в состоянии биологического прогресса: крыса серая, муха комнатная, мышь домовая, голубь сизый			
↑			
высокая	большое; образуются новые популяции	преобладает рождаемость	наблюдается расширение
↑	↑	↑	↑
<i>биологический прогресс</i>			
численность биологического вида	количество популяций биологического вида	соотношение рождаемости и смертности в популяциях	состояние ареала биологического вида
<i>биологический регресс</i>			
↓	↓	↓	↓
низкая	малое; число популя- ции снижается	преобладает смертность	наблюдается сужение
↓			
биологические виды в состоянии биологического регресса: тигр уссурийский, выхухоль русская, медведь белый			
Вывод: 1) биологический прогресс и биологический регресс – два основных направления эволюционного процесса, по которым происходит изменение особей биологического вида в ответ на условия среды обитания; 2) биологический прогресс обуславливается появлением у особей биологического вида новых приспособлений к данной среде обитания, способностью к размножению и лучшему выживанию; эволюционный расцвет биологического вида; 3) биологический регресс обуславливается невозможностью особей биологического вида приспособиться к изменениям к среде обитания, потерей способности к размножению и выживанию; эволюционное увядание биологического вида			

Примечание: эталон выражения сравнения в виде «зеркального» отражения признаков сходства и различия двух явлений составлен автором на основе обработки полученных от обучающихся материалов индивидуальной и (или) групповой работы под руководством учителя-предметника.

Сложность обуславливается тем, что в отношении двух сравниваемых явлений или процессов необходимо обнаружить и сформулировать суждения по признакам их различия и сходства не только в сопоставительном ключе. Важно, чтобы суждения еще отражали бы последовательность «выполнения» действий в природных условиях, ведущих к определенным результатам эволюции. При изучении учебного материала предлагаемую форму сравнения целесообразно задействовать при рассмотрении движущих сил эволюции и их последствий; факторов, направляющих эволюционный процесс, и их последствий; факторов, не направляющих эволюционный процесс, и их последствий.

Заключительный этап реализовался на специально выделенном уроке к окончанию изучения темы «Эволюционная биология». Была проведена индивидуальная и фронтальная беседа для выяснения понимания обучающимися сущности сравнения как умственного действия, а также организована работа по выполнению ими заданий на сравнение. На основе обозна-

ченных диагностических методов можно утверждать о достаточной результативности апробированных средств в предметно-биологической подготовке 66 обучающихся 11 класса. Так, при беседах большая часть отвечающих (54-82%) утверждала о необходимости и важности применения сравнения при изучении сложного для восприятия и осмысления материала об эволюции органического мира. Примечательно, что 61 (92%) респондент высказал желание о своем постоянном обращении к сравнению не только при изучении биологии, но и других предметов. Они утверждали, что сравнение «заставляет погрузиться» в материал – анализировать его, находить существенные выражения, запоминать их для построения собственных ответов, главное же, самостоятельного выполнения заданий. 52 (79%) обучающихся указали на то, что для грамотного выполнения логического действия сравнения важно знать не только его определение, но и разные формы выражения предметного материала, а также варианты полного и неполного сравнения.

Таблица 6

Форма выражения сравнения двух явлений
в виде последовательной логической схемы

В силу обострения борьбы за существование между особями одного биологического вида проявляются формы видообразования	
географическое	экологическое
различия	
происходит расселение особей вида на новые территории с расширением ареала	происходит освоение особями вида иной среды обитания в пределах старого ареала
возникает изоляция одних популяций от других из-за механических преград	возникает изоляция одних популяций от других из-за выбора новой среды обитания
сходства	
в каждой из изолированных популяций естественный отбор обеспечивает выживание особей в новых условиях в силу накопления наследственных изменений	
↓	
между популяциями постепенно накапливаются генетически обусловленные различия	
↓	
происходит возникновение и обособление подвидов	
↓	
накапливаются различия между подвидами в силу действия естественного отбора	
↓	
возникает биологическая изоляция подвидов, приводящая к возникновению и становлению новых видов	
Вывод: обе формы направлены на образование новых биологических видов, основой которого является наследственная изменчивость организмов, а движущими факторами – естественный отбор и репродуктивная изоляция	

Примечание: эталон выражения сравнения двух явлений в виде последовательной логической схемы составлен автором на основе обработки полученных от обучающихся материалов индивидуальной и (или) групповой работы под руководством учителя-предметника.

По итогам выполнения заданий на сравнение следует зафиксировать внимание на следующих показателях. Большая часть обучающихся (62–94%) хорошо справилась с заданиями на поиск и определение признаков сравнения по сходству и (или) различию для их представления в табличной форме. Более низкие показатели проявились при выполнении заданий на «зеркальное» отражение признаков сравнения (45–69%), а также сравнение двух эволюционных явлений или процессов в виде последовательной логической схемы (42–65%). Следовательно, можно утверждать о целесообразности организации учебной деятельности обучающихся в аспекте использования потенциала умственного действия сравнения для повышения качества их предметной подготовки.

Выводы

Представленные материалы теоретического и эмпирического содержания дают возможность выразить определенные умозаключения в отношении использования потенциала сравнения как умственного действия.

1. В процессе предметно-биологической подготовки обучающихся – старшеклассников общеобразовательной школы потенциал умственных действий пока задействован недостаточно. Об этом можно судить по полученным эмпирическим данным в отношении сравнения. Большая часть респондентов испытывают затруднения в выражении его сущности с позиции метапредметного назначения, и, как следствие, эти трудности проявляются при переносе названного действия в заданные предметные ситуации. Одной из причин таких затруднений выступает недостаточное владение инструментарием умственного действия сравнения самим учителем.

2. Для преодоления обозначенных недостатков имеется объективная потребность в разработке и применении определенных методических средств, которыми могут воспользоваться и учитель, и обучающиеся в процессе обучения для достижения запланированных результатов. В качестве названной категории средств выступают: материалы о сущности сравнения как умственного действия, его видах и правилах выполнения; собственно предметное содер-

жание для практикования сравнения; формы выражения процедуры сравнения в его определенной структурной полноте.

3. Специально организованная работа со старшеклассниками с использованием названных методических средств может обеспечить повышение качества их предметной подготовки на основе задействования потенциала умственного действия сравнения. В эксперименте при изучении эволюционного материала на предварительном этапе необходимо с обучающимися обсудить материалы о сущности сравнения, способах его применения с формулированием вывода о важности обращения к нему при рассмотрении последующих тем уроков. На основном этапе обучающимся важно получить от учителя образцы разных форм грамотного выражения эволюционного материала в сравнительном ключе, а также возможность для самостоятельного выполнения заданий в обозначенном направлении. На заключительном этапе следует проанализировать достижения обучающихся с позиции овладения предметно-биологическим материалом на основе использования умственного действия сравнения.

4. Использование материалов индивидуальной и фронтальной беседы, а также результатов анализа, выполненных контрольных заданий позволяет заявлять о результативности процедуры реализации потенциала сравнения в предметно-биологической подготовке старшеклассников. Большая часть респондентов указала на то, что они понимают сущность и назначение сравнения не только с метапредметных позиций, но и с позиции его применения в отношении осмысленного выражения предметно-биологического материала.

Список литературы

1. Лебедев О.Е. Образовательная политика как предмет педагогического анализа // Тенденции развития образования 2025. Сборник статей международной научно-практической конференции. М.: ОАНО МВШСЭН, 2025. С. 39–51. ISBN 978-5-6053489-2-4.
2. Прохорова В.С. Исследование универсальных учебных действий обучающихся среднего профессионального образования // Актуальные проблемы психологического знания. 2022. № 2 (59). С. 94–98. DOI: 10.51944/20738544_2022_2_94.
3. Воробьева А.В. Формирование типа правильной читательской деятельности как средства развития универсальных учебных действий по работе с информацией // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 61-12. С. 101–103. DOI: 10.18411/tj-05-2020-280.
4. Китайгородский М.Д. SOFT SKILLS как приемники универсальных учебных действий в цифровизации технологического образования // Информатика в школе. 2021. № 2 (165). С. 28–31. DOI: 10.32517/2221-1993-2021-20-2-28-31.
5. Гайфуллина Д.Х. Понятие и характеристика познавательных универсальных учебных действий // Novainfo. 2023. № 138. С. 94–95. URL: <https://novainfo.ru/article/19914> (дата обращения: 11.06.2025).
6. Прохорова Т.П. Основания формирования базовых логических действий у обучающихся на ступени основного общего образования // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 12 (1). С. 173–178. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38972> (дата обращения: 11.07.2025). DOI: 10.17513/snt.38972.
7. Хулап Е.А. Возможности педагогического процесса в основной школе по формированию и развитию познавательных универсальных учебных действий // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-6. С. 124–127. DOI: 10.18411/trnio-06-2022-282.
8. Грумова Н.А., Добротин Д.Ю. Задания по предметам естественнонаучного цикла как средство оценивания сформированности познавательных универсальных учебных действий в основной школе // Педагогические измерения. 2024. № 2. С. 73–78. EDN: TGDFRY.
9. Чебанов С.В. Соотношение сравнительной и эволюционной семиотики: почему первая должна предшествовать второй // МЕТОД: московский ежеквартальник трудов из общественных дисциплин: ежеквартал. науч. изд. / под ред. М.В. Ильина; ИНИОН РАН, центр перспект. методологий соц.-гуманит. исследований. М., 2022. Вып. 12. Т. 2, № 3. С. 110 – 189. DOI: 10.31249/metodquarterly/02.03.07. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sootnoshenie-sravnitelnoy-i-evolyutsionnoy-semiotiki-pochemu-pervaya-dolzha-predshestvovat-vtoroy> (дата обращения: 11.06.2025).
10. Малых Л.М. Сравнение как логическая основа обыденного и научного познания // Вестник РУДН, серия Теория языка. Семиотика. Семантика. 2014. № 2. С. 5–14. URL: <https://journals.rudn.ru/semiotics-semantics/article/view/7463> (дата обращения: 11.06.2025).
11. Добрецова О.А. Использование метода сравнения как средства развития мышления учащихся на уроках биологии // Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт: сборник статей тридцать пятой международной научно-практической конференции. Белгород. 2021. С. 57–62. EDN: TUFDNH.
12. Пивоварова Л.В. Биологическое образование в меняющихся социокультурных условиях // Вестник Московского университета. № 1. 2021. С. 76–92. DOI: 10.51314/2073-2635-2021-1-76-92.
13. Якунчев М.А., Маркинов И.Ф., Коновалова П.С. Состояние готовности обучающихся к построению логических цепей суждений в предметной подготовке // Учебный эксперимент в образовании. 2024. № 4. С. 118–126. DOI: 10.51609/2079-875X_2024_4_118.
14. Якунчев М.А., Семенова Н.Г., Маркинов И.Ф., Осинин Р.В. Формирование умений анализировать учебный материал в предметной подготовке обучающихся // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33119> (дата обращения: 13.06.2025). DOI: 10.17513/spno.33119.
15. Суматохин С.В. Биология в обновленном ФГОС основного общего // Биология в школе. 2021. № 7. С. 9–14. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47311877>. (дата обращения: 11.06.2025).
16. Сычев В.В., Белова О.А., Асеев В.Ю. Экскурсионная деятельность как средство формирования универсальных учебных действий при изучении биологии // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 10. С. 198–204. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38877> (дата обращения: 11.06.2025). DOI: 10.17513/snt.38877.

УДК 004.89

DOI 10.17513/snt.40477

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАМЕНЕ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

¹Тугов В.В., ¹Орлова Е.В., ²Султанов Н.З.¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,
e-mail: vitalya99@mail.ru;²ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», Москва

В статье описывается подход к разработке системы поддержки принятия решений по замене средств физической защиты на промышленном предприятии. В современных условиях криминогенная обстановка как в мире, так и в РФ остается достаточно сложной, поэтому вопросы, связанные с обеспечением безопасности промышленных предприятий и организаций, остаются актуальными. Целью исследования является повышение эффективности поддержки принятия решений при замене средств физической защиты на промышленном предприятии. В основу работы положен метод анализа иерархии и рассмотрены его особенности. При использовании этого метода появляется возможность формирования иерархии приоритетов критериев и альтернатив для выбора объекта, попадающего под замену. Также в работе применяется шкала для оценки относительной важности, что помогает провести объективную оценку результатов опроса экспертов. Особенностью предложенного решения является интеграция формализованных оценок с экспертными суждениями, что обеспечивает сбалансированность принимаемых решений. Разрабатываемая система поддержки принятия решений используется лицами, принимающими решения в сложных условиях, для более полного и объективного анализа функционирования объекта. Данная система решает многокритериальные задачи при функционировании сложных систем физической защиты. Взаимодействие элементов системы организуется за счет запросов пользователей по замене или модернизации элементов. Таким образом, используя полученные результаты исследования, возможно повысить эффективность (техническую, экономическую и социальную) при проведении количественной оценки выбора наилучшего решения по замене средств физической защиты на промышленном предприятии.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, средства физической защиты, модернизация, шкала, архитектура, алгоритм

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE REPLACEMENT OF PHYSICAL PROTECTIVE EQUIPMENT BASED ON THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD

¹Tugov V.V., ¹Orlova E.V., ²Sultanov N.Z.¹Orenburg State University, Orenburg, e-mail: vitalya99@mail.ru;²Russian State University for Humanities, Moscow

The article describes an approach to the development of a decision support system for the replacement of physical protective equipment in an industrial enterprise. In modern conditions, the criminal situation both in the world and in the Russian Federation remains quite complex, so issues related to ensuring the safety of industrial enterprises and organizations remain relevant. The aim of the study is to increase the effectiveness of decision support when replacing physical protective equipment in an industrial enterprise. The work is based on the hierarchy analysis method and its features are considered. Using this method, it becomes possible to form a hierarchy of priorities, criteria, and alternatives for selecting a replacement object. The work also uses a scale to assess the relative importance, which helps to conduct an objective assessment of the results of the expert survey. A special feature of the proposed solution is the integration of formalized assessments with expert judgments, which ensures a balanced decision-making process. Thus, the decision support system being developed is used by decision makers in difficult conditions for a more complete and objective analysis of the functioning of the facility. This system solves multi-criteria tasks in the operation of complex physical protection systems. The interaction of system elements is organized by user requests for replacement or modernization of elements. Thus, using the obtained research results, it is possible to increase the efficiency (technical, economic and social) in quantifying the choice of the best solution for replacing physical protective equipment in an industrial enterprise.

Keywords: decision support system, physical protection equipment, modernization, school, architecture, algorithm

Введение

В современных условиях криминогенная обстановка как в мире, так и в РФ остается достаточно сложной, поэтому вопросы, связанные с обеспечением безопасности промышленных предприятий и организаций, остаются актуальными. Физи-

ческая безопасность таких объектов обеспечивается системой физической защиты (СФЗ). В состав рассматриваемой системы входят технические средства, правовые и организационные нормы, персонал, действия которых направлены на защиту предприятия от неправомерных действий. СФЗ

относятся к классу сложных систем, в них обрабатывается и анализируется достаточно большое количество информации, на основании которой принимаются управленческие решения, и от правильности, точности и скорости принятия решения зависит конкурентное преимущество предприятия. Поэтому необходимо создавать максимально эффективные СФЗ.

Цель исследования – повышение эффективности поддержки принятия решений при замене средств физической защиты на промышленном предприятии.

Материалы и методы исследования

В основу работы положен метод анализа иерархии и рассмотрены его особенности. При использовании этого метода появляется возможность формирования иерархии приоритетов критериев и альтернатив для выбора объекта, попадающего под замену. Также в работе применяется шкала для оценки относительной важности, что помогает провести объективную оценку результатов опроса экспертов. Разрабатываемая система поддержки принятия решений представляет собой специализированный программно-аналитический комплекс, предназначенный для работы в условиях многокритериальных задач управления промышленной безопасностью. Ее ключевое преимущество заключается в возможности комплексной оценки технического состояния защитных систем с максимальным исключением человеческой предвзятости.

Результаты исследования и их обсуждение

Внедрение интерактивных систем поддержки принятия решений способствует повышению эффективности управления системами физической защиты за счет использования математических моделей при анализе слабоструктурированных данных. Как показывают исследования [1, 2], такой подход позволяет существенно улучшить качество принимаемых управленческих решений в области промышленной безопасности.

При проектировании систем поддержки решений для СФЗ необходимо тщательно анализировать возможные архитектурные решения, зависящие от требуемого уровня автоматизации и целевого назначения системы. Среди возможных вариантов реализации выделяются информационно-справочные комплексы, интегрирующие данные из различных источников и предоставляющие базовые аналитические функции [3, 4].

Альтернативным направлением является создание оптимизационных модулей,

осуществляющих поиск наилучших решений в рамках установленных ограничений и целевых показателей. Отдельного внимания заслуживают интеллектуальные системы, специализирующиеся на решении слабоформализованных задач, где классические алгоритмы демонстрируют ограниченную эффективность.

Каждая из указанных архитектур обладает специфическими характеристиками и оптимальными областями применения в контексте задач физической защиты. Определение подходящего типа системы требует всестороннего изучения решаемых проблем, ожидаемого качества выходных решений и специфики предметной области. Критически важным аспектом при этом остается достижение разумного компромисса между сложностью используемых математических моделей и их практической применимостью.

Функциональность и архитектура СППР формируются исходя из ее целевого назначения, при этом эффективность системы напрямую зависит от трех ключевых факторов: качества исходных данных, используемых аналитических методов и адекватности инструментов поддержки принятия решений [5, 6].

СППР включает в свой состав следующие функциональные подсистемы, которые представлены на рисунке 1.

- комплекс средств работы с данными, включающий их хранение, систематизацию, выборку и представление через встроенную СУБД, что создает информационный фундамент для всех аналитических процессов системы;

- пользовательский интерфейс обеспечивает взаимодействие между лицом, принимающим решение (ЛПР), и системой, а также использует современные технологии ввода данных и различные форматы представления результатов;

- модуль принятия решений на основе моделей из базы данных проводит вычисления и анализирует данные, учитывая критерии оценки, доступные варианты решений и способы выбора наилучшего подхода;

- блок формирования отчетности для генерирования отчетных документов, содержащих результаты процесса принятия решения в соответствии с требованиями нормативных и регламентирующих документов рассматриваемой предметной области [7];

- база знаний необходима для накопления интеллектуального капитала и способствует быстрому доступу к информации, разделению и передаче знаний, продвижению инноваций.

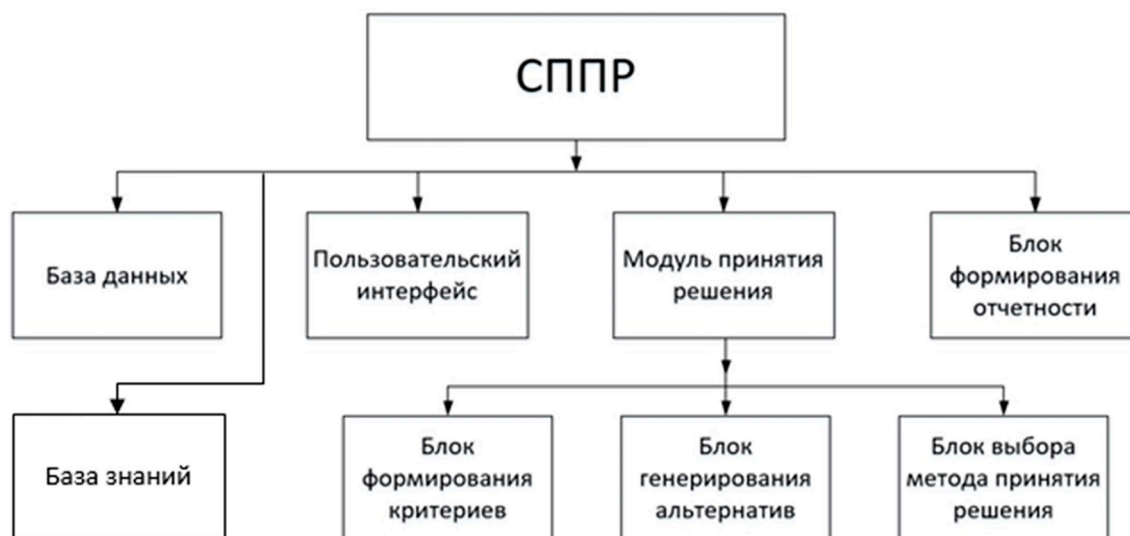


Рис. 1. Состав СППР
Источник: составлено авторами

Сам процесс принятия решения осуществляется в следующей последовательности: 1) анализируется проблема; 2) формулируются ограничения и критерии; 3) определяются альтернативы; 4) осуществляется оценивание возможных альтернатив; 5) выбирается альтернатива; 6) осуществляется реализация альтернативы.

СППР особенно важны при функционировании сложных СФЗ, при работе которых приходится учитывать множество критериев одновременно. Многокритериальность означает, что результат оценивается по нескольким взаимосвязанным показателям, что требует обработки значительных объемов данных. В таких условиях применение компьютерных технологий становится необходимостью, поскольку ручной анализ повышает риск ошибок, способных нарушить стабильность всей системы [8].

Основная особенность СППР заключается в том, что с помощью нее организуется по-новому взаимодействие человека с компьютером. Формирование итогового решения происходит в ходе циклического взаимодействия между двумя основными участниками [9]:

- СППР обрабатывает входящие данные и выполняет необходимые вычисления. Она служит автоматизированным инструментом для аналитической работы;

- ЛПР определяет исходные параметры задачи и анализирует полученные результаты. На основе этих данных ЛПР выбирает окончательный вариант решения.

Такой итерационный подход позволяет сочетать вычислительные возможности

информационной системы с экспертной оценкой человека. В результате их совместной работы создается качественно новая информация, необходимая для обоснованного выбора оптимального решения. Основное преимущество технологии заключается именно в этом симбиозе – способности системы генерировать аналитические данные, а специалиста – интерпретировать их и принимать окончательное решение.

В качестве математической основы для системы поддержки принятия решений выбран метод анализа иерархий – эффективный инструмент системного анализа сложных управленческих задач [10, 11]. Этот метод не дает однозначных ответов, но помогает выявить наиболее подходящие варианты решений через глубокое понимание сути проблемы и ее требований [12].

Так как СФЗ состоит из совокупности технических и программных средств, то со временем они устаревают, морально и физически, выходят из строя и возникает необходимость в их модернизации, обновлении или замене, что может вести к увеличению пропускной способности сетей, скорости обработки данных и др. Специалисты в области информационной безопасности рекомендуют обновлять технические и программные средства постоянно [13]. На сроки обновления влияют размеры предприятия, сфера деятельности, перспектива роста и расширения, количество применяемых и планируемых к внедрению для связи сетевых технологий и множество других факторов и параметров.

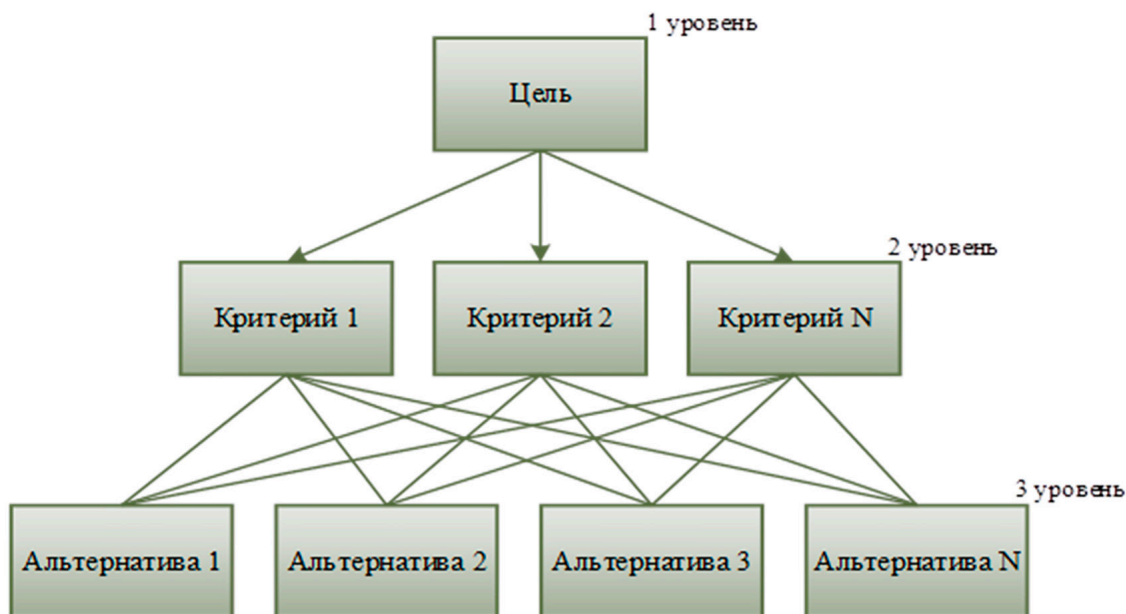


Рис. 2. Трехуровневая структура принятия решений
Источник: составлено авторами на основе [8]

Выявленные недостатки в работе оборудования или программного обеспечения открывают несколько возможных путей модернизации. При этом важно учитывать совместимость с уже установленными решениями [14, 15]. Качество функционирования систем защиты оказывает прямое воздействие на ключевые производственные и коммерческие процессы организации.

Создаваемая СППР способна минимизировать как финансовые расходы, так и трудовые затраты, связанные с выбором стратегии обновления элементов защиты. Первоначальный этап работы системы предполагает четкое определение целей –

выявление компонентов, требующих замены или модернизации (рис. 2).

На втором этапе анализа устанавливаются ключевые критерии, служащие основой для сравнительной оценки возможных вариантов достижения целевых показателей. Третий уровень иерархической модели содержит конкретные альтернативные решения, подлежащие рассмотрению.

Для объективного сравнения различных вариантов модернизации разработана специальная оценочная шкала, отражающая относительную значимость каждого фактора [8] (таблица). Эта методика позволяет экспертам систематизировать процесс выбора оптимальных решений.

Шкала оценки значимости альтернатив

Уровень приоритета	Характеристика выбора	Основание для оценки
1	Варианты равноценны	Альтернативы имеют одинаковую значимость для решения задачи
2	Незначительное преимущество	Экспертное заключение указывает на небольшое превосходство одного варианта
3	Заметное превосходство	Опыт специалистов подтверждает явное лидерство одной альтернативы
4	Существенное преимущество	Наблюдается значительный перевес одного решения над другими
5	Безусловный приоритет	Один вариант демонстрирует абсолютное превосходство по всем параметрам

Источник: составлено авторами на основе экспертных методик оценки [8].

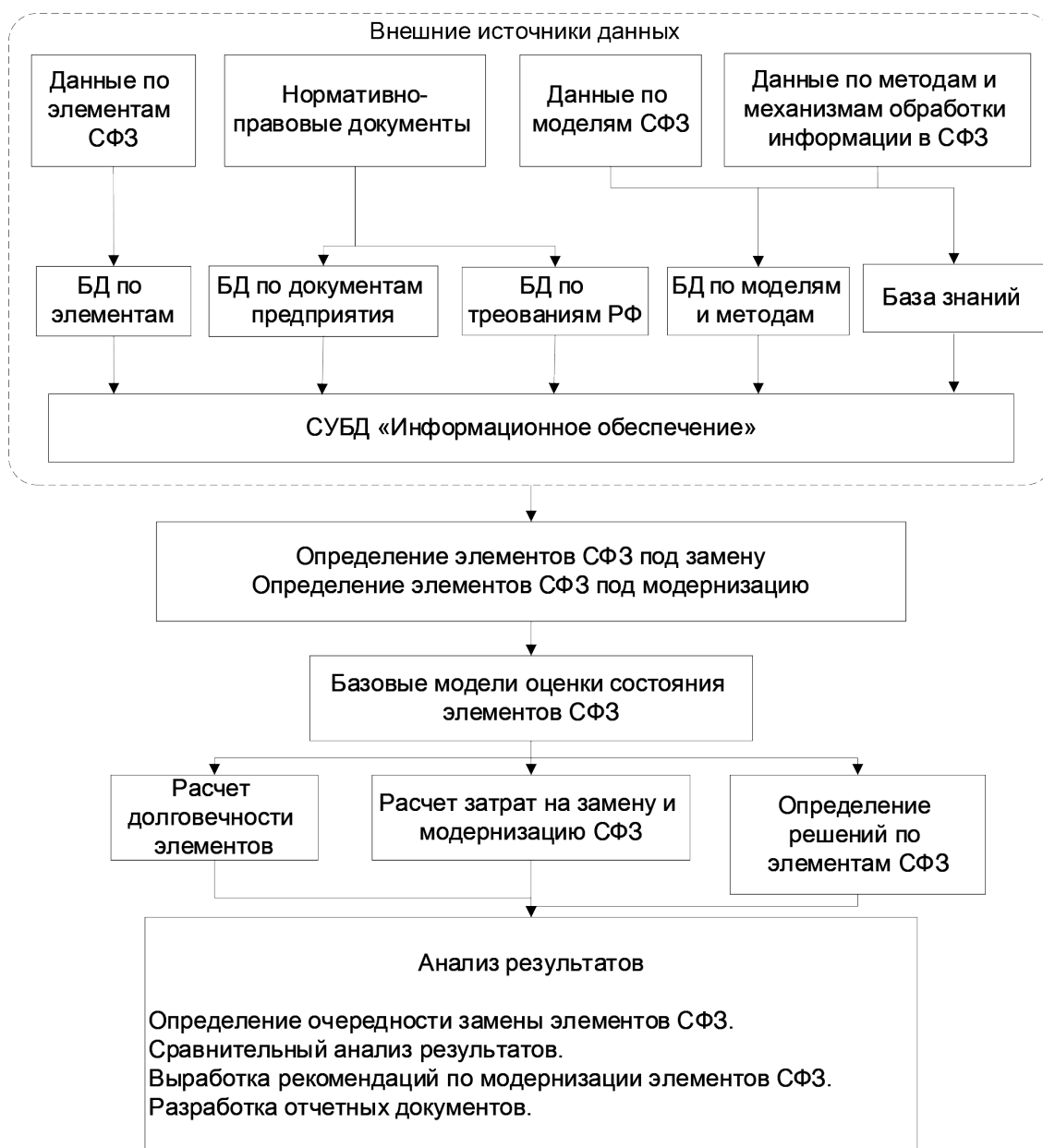


Рис. 3. Архитектура СППР для управления средствами физической защиты предприятия
Источник: составлено авторами

Применение данной шкалы дает возможность установить приоритетность замены или обновления конкретных компонентов системы защиты, учитывая их эксплуатационные характеристики и значимость. На основе проведенного анализа система формирует рекомендации по необходимым действиям в отношении технического оснащения и программного обеспечения.

В разрабатываемую СППР для формирования оценочной шкалы приоритетов требуется импорт вопросов пользователей

из централизованного хранилища информации. Такая методика позволяет учитывать реальные потребности сотрудников при определении значимости различных аспектов. Ключевая ценность СППР проявляется в ее способности осуществлять комплексный мониторинг работоспособности технических средств и программных комплексов в рамках специальной функциональной зоны. Интегрированный подход к контролю технического состояния обеспечивает своевременное выявление уста-

ревающих компонентов и планирование их обновления, что существенно повышает надежность всей инфраструктуры.

Основное достоинство разрабатываемой системы заключается в комплексном мониторинге состояния всех элементов системы физической защиты и своевременном выявлении необходимости их замены или модернизации.

Архитектурные особенности разрабатываемой системы поддержки принятия решений представлены на схеме (рис. 3).

Центральным компонентом информационной системы выступает база данных, которая не только хранит необходимую информацию, но и предоставляет пользователям возможность проводить аналитические расчеты с использованием математических моделей. Она используется в СППР в качестве внешнего источника и содержит информацию по аудиту ИБ, нормативно-справочные документы, данные по моделям СФЗ и служит «механизмом» для реализации мониторинга работоспособности технических и программных средств.

СФЗ со стороны окружающей среды находятся под воздействием определенного ряда факторов

$$Z(t) = [z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)]^T,$$

часть из них являются контролируемыми возмущениями

$$Z1(t) = [z_{1_1}(t), z_{1_2}(t), \dots, z_{1_n}(t)]^T$$

и их можно измерить, часть – неконтролируемые возмущения

$$Z2(t) = [z_{2_1}(t), z_{2_2}(t), \dots, z_{2_m}(t)]^T.$$

С помощью моделирования можно установить взаимосвязь выходных характеристик объекта $Y(t)$, которые характеризуют получаемые работоспособные свойства СФЗ, управляющие воздействия $U(t)$ и возмущения $Z(t)$. В общем виде эта связь имеет следующий вид:

$$Y(t) = f[X(t), U(t), Z(t), Q(t)],$$

где $X(t)$ – данные по техническому состоянию СФЗ, $Q(t)$ – ограничения на ресурсы.

Функционирование системы осуществляется через обработку пользовательских запросов, касающихся необходимости замены или модернизации отдельных компонентов, что соответствует целевой установке, представленной на рис. 2 иерархической модели. Схематическое изображение принципов взаимодействия между структурными элементами системы приведено на рис. 4.

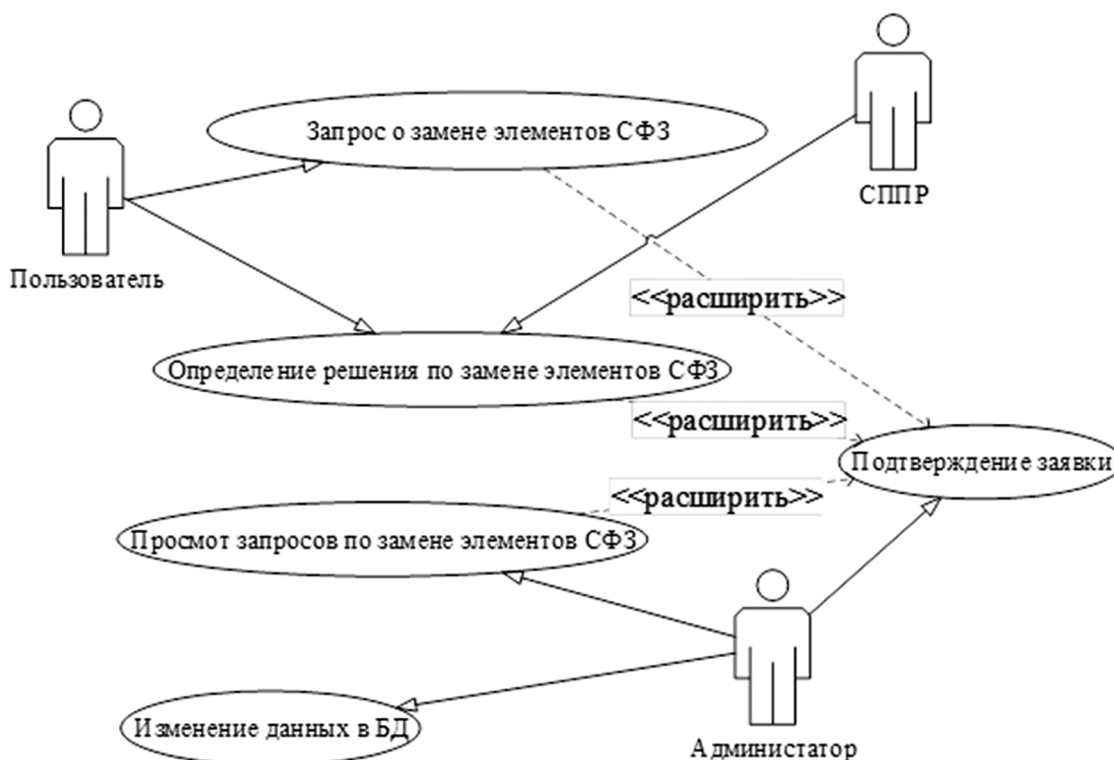


Рис. 4. Диаграмма взаимодействия

В результате проведенное исследование позволило сформировать комплексный состав СППР для задач, связанных с заменой или модернизацией СФЗ на предприятии, основываясь на традиционных подходах к принятию управленческих решений. Дана оценка эффективности применения метода анализа иерархий для определения альтернативы, с помощью которой лучше всего можно понять проблему и требования для ее решения в интерактивном режиме. Разработана оценочная шкала значимости критериев, обеспечивающая объективный анализ экспертных заключений. Создана архитектурная модель системы поддержки управленческих решений для СФЗ, интегрирующая базы данных и механизмы выявления устаревших компонентов. Визуализированы принципы взаимодействия подсистем, основанные на обработке запросов пользователей о модернизации оборудования.

Заключение

Проведенная работа демонстрирует, что метод иерархического анализа эффективно решает задачи ранжирования критериев и альтернатив при выборе объектов для обновления. Его применение позволяет сократить временные затраты на принятие решений и обеспечить математическую обоснованность выбора технических и программных решений. Полученные результаты подтверждают рост технико-экономической эффективности и социальной значимости предлагаемого подхода к модернизации систем физической защиты промышленных объектов.

Список литературы

1. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. Т. 21. М.: ВИНТИ, 1987. С. 131–164. EDN: QSHKGE.
2. Ризванов Д.А., Чернышев Е.С. Модель интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении производственными ресурсами // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12–1. С. 46–51. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39435> (дата обращения: 03.06.2025).
3. Пономарева К.А. Тенденции развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Наука без границ. 2020. № 5 (45). С. 107–111. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-intellektualnyh-sistem-podderzhki-prinyatiya-resheniy/viewer> (дата обращения: 03.06.2025).
4. Bhargava H.K., Power D.J., Sun D. Progress in Web-based decision support technologies // Decision Support Systems. 2007. № 43 (4). Р. 1083–1095. DOI: 10.1016/j.dss.2005.07.002.
5. Никульников Н.В., Иваев М.И., Шевырева А.Д. Использование систем поддержки принятия решений в торговой компании // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12. № 11. С. 3173–3184. DOI: 10.18334/errp.12.11.116665.
6. Шумков Е.А. Построение системы поддержки принятия решений на базе нейросетевых технологий // Научные труды КубГТУ. 2022. № 6. С. 28–39. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0092/4535.pdf> (дата обращения: 03.06.2025).
7. Тананов В.А. Анализ зарубежных систем поддержки принятия решений в информационно-технологической отрасли // Региональная и отраслевая экономика. 2023. № 6 (223). С. 387–391. DOI: 10.14451/1.223.387.
8. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с применением интеллектуальных // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 1. С. 69–73. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36558> (дата обращения: 05.06.2025).
9. Dastres R., Soori M. Advances in Web-Based Decision Support Systems // International Journal of Engineering and Future Technology. 2022. № 19. Р. 2–15. URL: https://www.researchgate.net/publication/351065107_Advances_in_Web-Based_Decision_Support_Systems (дата обращения: 05.06.2025).
10. Абрамова Е.Р. Метод анализа иерархий для оценки и выбора приоритетных механизмов координации в закупочной деятельности участников цепей поставок // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14. № 3. С. 769–786. DOI: 10.18334/errp.14.3.120598.
11. Баркалов С.А., Карпович М.А., Моисеев С.И. Метод анализа иерархий: подход, основанный на теории латентных переменных // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2022. Т. 22. № 2. С. 58–66. DOI: 10.14529/ctcr220205.
12. Плахотная Л.А., Ахматова Е.Е., Савватеева А.И. Использование метода анализа иерархий для выбора программно-технического средства защиты информации // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 6. Ч. 2. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/06/55078> (дата обращения: 03.06.2025).
13. Баженов Р.И. О методике преподавания метода анализа иерархий в курсе «Информационная безопасность и защита информации» // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4. Ч. 2. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/04/33202> (дата обращения: 03.06.2025).
14. Дюмаева И.В., Курочкин А.В. Применение метода анализа иерархий при выборе лабораторных информационных менеджмент-систем // Аналитика. 2023. Т. 13. № 6. С. 462–466. URL: https://www.j-analytics.ru/files/article_pdf/10/article_10152_139.pdf (дата обращения: 03.06.2025).
15. Вискуб В.Г. К вопросу автоматизации научно-технической экспертизы методом аналитической иерархии // Инноватика и экспертиза. 2022. № 2. С. 55–63. URL: <https://www.inno-exp.ru/archive/34/55-63.pdf> (дата обращения: 03.06.2025).

УДК 004.334:378.147.88
DOI 10.17513/snt.40478

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ УЧЕБНЫХ РЕГИСТРОВЫХ БЕЗАДРЕСНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СО СДВИГОМ ИНФОРМАЦИИ

Страбыкин Д.А.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров,
e-mail: Strabykin@mail.ru

Важную роль при изучении запоминающих и вычислительных устройств играют экспериментальные исследования, при проведении которых широко используются имитационные программные модели устройств. Цель исследования – развитие технологии построения и применения в учебном процессе функциональных моделей запоминающих и вычислительных структур, состоящих из параллельно работающих узлов и блоков, позволяющей создавать и экспериментально исследовать с помощью Microsoft Excel модели регистровых безадресных запоминающих устройств со сдвигом информации. Приводится разработка функциональной модели стека и очереди на основе блока регистров со сдвигом информации, в котором хранящиеся в ячейках памяти данные могут одновременно перемещаться в соседние ячейки. Функционирование моделируемого устройства описывается с помощью специальной таблицы – таблицы переходов, в которой фиксируются изменения состояний представленных в модели узлов и блоков устройства в зависимости от значений управляющих и тактовых сигналов. При разработке экранной формы моделируемого устройства, для каждого моделируемого узла и блока определяется ячейка Microsoft Excel, в которой будет отображаться его состояние. Моделирование функционирования узлов и блоков производится с помощью формул Microsoft Excel на основе таблицы переходов и экранной формы устройства. Применение развиваемой технологии оказывается полезным при самостоятельной разработке студентами моделей различных устройств, а созданные модели являются перспективным видом демонстрационного материала на лекциях.

Ключевые слова: безадресные запоминающие устройства, стек и очередь, сдвиг информации, действующие функциональные модели, компьютерные практикумы, применение Microsoft Excel

FUNCTIONAL MODELS OF TRAINING REGISTER UNADDRESSED STORAGE DEVICES WITH INFORMATION SHIFT

Strabykin D.A.

Vyatka State University, Kirov, e-mail: Strabykin@mail.ru

An important role in the study of memory and computing devices is played by experimental studies, in which simulation software models of devices are widely used. The purpose of the study: the development of technology for the construction and application in the educational process of functional models of memory and computing structures, consisting of parallel nodes and blocks, which makes it possible to create and experimentally explore with the help of Microsoft Excel models of register unaddressed memory devices with information shift. A functional stack and queue model is developed based on a block of registers with an information shift, in which data stored in memory cells can simultaneously move to neighboring cells. organizations. The operation of the simulated device is described using a special table – a transition table, which records changes in the states of the nodes and blocks of the device presented in the model depending on the values of control and clock signals. When designing the screen form of the simulated device, for each modeled node and block, a Microsoft Excel cell is determined, in which its status will be displayed. Modeling the functioning of nodes and blocks is carried out using Microsoft Excel formulas based on the transition table and the screen form of the device. The use of the developed technology turns out to be useful when students independently develop models of various devices, and the created models are a promising type of demonstration material at lectures.

Keywords: addressless memory devices, stack and queue, shift of information, functional models, computer workshops, applications of Microsoft Excel

Введение

Многие образовательные программы высшего и среднего профессионального образования включают дисциплины, имеющие разделы по запоминающим и вычислительным устройствам. Изучение этих устройств, как правило, предполагает выполнение экспериментальных исследований, при проведении которых широко используются имитационные программные модели устройств. Характер экспериментальных исследований

в значительной степени зависит от задач обучения. Если при обучении делается акцент на проектировании устройств, то применяются системы автоматизированного проектирования, в состав которых входят необходимые подсистемы моделирования, например [1–3]. В тех случаях, когда экспериментальные исследования проводятся для обеспечения более глубокого изучения структуры и функционирования устройств, ограничиваются применением

менее трудоемких в освоении программных средств [4–6]. Большой интерес при углубленном изучении устройств представляют уже готовые симуляторы [7–9].

Цель исследования – развитие технологии построения и применения в учебном процессе функциональных моделей запоминающих и вычислительных структур, состоящих из параллельно работающих узлов и блоков, позволяющей создавать и экспериментально исследовать с помощью Microsoft Excel модели регистровых безадресных запоминающих (ЗУ) устройств со сдвигом информации типа стек и очередь.

Материалы и методы исследования

У безадресных ЗУ нет входов для указания адреса ячейки. В ЗУ типа стек запись и считывание производится через один и тот же вход-выход данных (запись данных осуществляется в порядке поступления, а чтение – в обратном порядке) [10, 11]. В ЗУ типа очередь запись производится в порядке их поступления через один вход, а считывание – через один выход данных [12–14]. Известно несколько подходов к построению безадресных ЗУ, которые можно разделить на два основных типа: 1) регистровые структуры со сдвигом информации; 2) устройства на основе блока памяти со сдвигом адресного маркера [15]. В статье приводится разработка функциональной модели стека и очереди на основе блока регистров со сдвигом информации, в котором хранящиеся в ячейках памяти данные могут одновременно перемещаться в соседние ячейки. Создание модели ЗУ включает: выбор структуры и режимов работы; разработку экранной формы для экспериментального исследования, описание функционирования с помощью таблиц переходов; представление описания функционирования в виде формул Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура и режимы работы моделируемого стека и очереди. Структура моделируемого стека приведена на рис. 1, а, где РД – регистр данных; БР – блок регистров, содержащий ячейки памяти ЯП_і (і = 0, 1, 2, 3), каждая из которых состоит из пары регистров R_i и r_i , а также пары триггеров Q_i и q_i для признаков наличия данных в соответствующих регистрах (при единичном состоянии триггера регистр занят, иначе свободен); П и З – осведомительные сигналы (если П = 1, то стек пуст, а если З = 1 – полностью заполнен). В состав стека также входит блок управления (БУ), вырабатыва-

ющий тактовые сигналы (Т). Кроме тактовых сигналов во все регистры и триггеры стека подаются управляющие сигналы: НУ – начальной установки (все регистры и триггеры устанавливаются в нулевое состояние), ЗП – записи (содержимое РД записывается в верхнюю ЯП стека), ЧТ – чтения (в РД считывается содержимое верхней ЯП стека).

Стек работает в трех режимах: запись, чтение и хранение. Запись производится при З = 0 по сигналу ЗП за два такта. В первом такте (Т = 1) одновременно выполняются следующие микрооперации: $R_0 = \text{РД}$; $R_1 = r_0$; $R_2 = r_1$; $R_3 = r_2$; $Q_0 = 1$; $Q_1 = q_0$; $Q_2 = q_1$; $Q_3 = q_2$; а во втором (Т = 0) – $r_0 = R_0$; $r_1 = R_1$; $r_2 = R_2$; $r_3 = R_3$; $q_0 = Q_0$; $q_1 = Q_1$; $q_2 = Q_2$; $q_3 = Q_3$. Чтение осуществляется при П = 0 по сигналу ЧТ также за два такта. В первом такте (Т = 1) одновременно выполняются следующие микрооперации: $\text{РД} = r_0$; $R_0 = r_1$; $R_1 = r_2$; $R_2 = r_3$; $R_3 = 00...0$; $Q_0 = q_1$; $Q_1 = q_2$; $Q_2 = q_3$; $Q_3 = 0$; а во втором (Т = 0) – $r_0 = R_0$; $r_1 = R_1$; $r_2 = R_2$; $r_3 = R_3$; $q_0 = Q_0$; $q_1 = Q_1$; $q_2 = Q_2$; $q_3 = Q_3$. При отсутствии сигналов ЗП и ЧТ стек находится в режиме хранения. Осведомительные сигналы формируются в соответствии со следующими формулами: $З = Q_3$; $П = \neg(Q_0 \vee Q_1 \vee Q_2 \vee Q_3)$.

Структура рассматриваемой очереди во многом совпадает со структурой стека. Основное отличие заключается в том, что в очереди отсутствуют связи между ЯП, обеспечивающие передачу данных в обратном направлении, а также используется два регистра: РЗД – регистр записываемых данных и РЧД – регистр читаемых данных (рис. 1, б). Очередь работает также в трех режимах: запись, чтение и хранение. Работа очереди отличается от работы стека в режимах записи и чтения. В процессе записи при З = 0 в первом такте (Т = 1) одновременно выполняются микрооперации: $R_0 = \text{РЗД}$; $R_1 = r_0$; $R_2 = r_1$; $R_3 = r_2$; $Q_0 = 1$; $Q_1 = q_0$; $Q_2 = q_1$; $Q_3 = q_2$. В процессе чтения при П = 0 в первом такте (Т = 1) одновременно выполняются микрооперации: $R_0 = 00...0$; $R_1 = r_0$; $R_2 = r_1$; $R_3 = r_2$; $\text{РЧД} = r_3$; $Q_0 = 0$; $Q_1 = q_0$; $Q_2 = q_1$; $Q_3 = q_2$.

Работа приведенной на рис. 1, б, очереди имеет две особенности: чтение записанного данного возможно только после того, как оно достигнет головы очереди (очередь полностью заполнится); запись новых данных в освободившиеся после чтения ячейки (если очередь не пуста) без потери ранее записанных данных невозможна. Далее разрабатывается модель усовершенствованного варианта очереди, в которой данные могут записываться в освободившиеся после чтения ячейки.

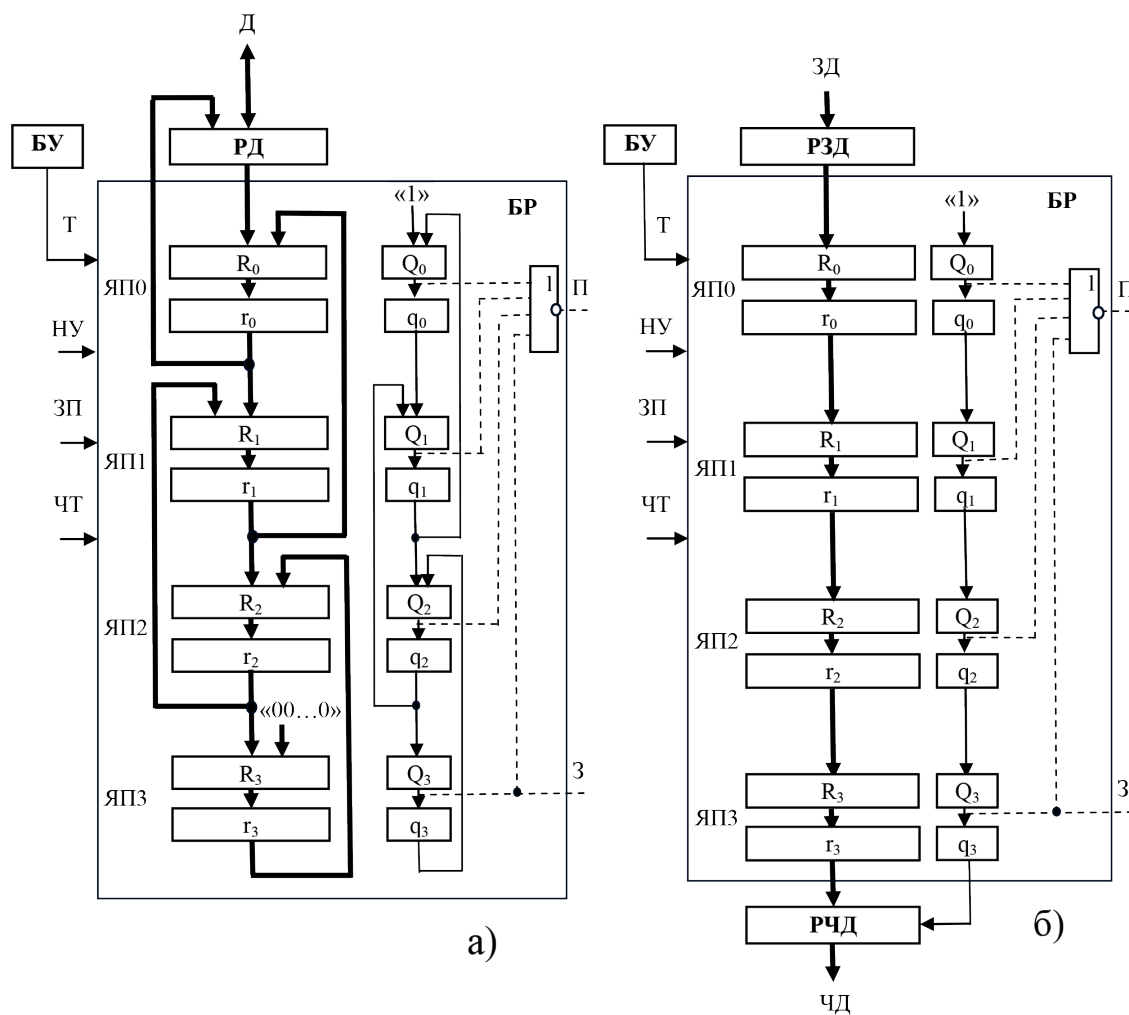


Рис. 1. Стек (а) и очередь (б) на основе блока регистров
 Источник: составлено автором по результатам данного исследования

Моделируемая очередь отличается организацией записи, которая использует специальный признак z_i ($i = 0, 1, 2, 3$) возможности записи в i -ю ЯП. Признак z_i определяет наличие после i -й ЯП свободной ячейки памяти. Свободная ЯП позволяет произвести сдвиг содержимого только группы ячеек, начиная с головы очереди до свободной ЯП. При этом занимается первая свободная ЯП, а в голову очереди записывается новое данные. Признаки возможности записи вычисляются следующим образом: $z_0 = \neg(Q_0 \& Q_1 \& Q_2 \& Q_3)$, $z_1 = \neg(Q_1 \& Q_2 \& Q_3)$, $z_2 = \neg(Q_2 \& Q_3)$, $z_3 = \neg Q_3$. Структура моделируемой очереди отличается от структуры ранее рассмотренной введением дополнительных схем, формирующих признаки возможности записи z_i ($i = 0, 1, 2, 3$) в соответствии с приведенными выше формулами, и модификацией схемы признака полного заполнения очереди, который вычисляется в соответствии с формулой $Z = Q_0 \& Q_1 \& Q_2 \& Q_3$

($Z = \neg z_0$). Отличия в работе моделируемой очереди проявляются в том, в процессе записи (при $Z = 0$) в первом такте ($T = 1$) одновременно выполняются микрооперации: $R_0 := РЗД$ и $Q_0 := 1$; при $z_1 = 1$ $R_1 := r_0$; и $Q_1 := q_0$; при $z_2 = 1$ $R_2 := r_1$ и $Q_2 := q_1$; при $z_3 = 1$ $R_3 := r_2$ и $Q_3 := q_2$.

Разработка функциональных моделей стека и очереди. Функциональная модель учебного варианта стека разрабатывается на основе блока регистров, содержащего 8 восьмиразрядных ячеек памяти (ЯП i , $i = 0, 1, \dots, 7$), каждая из которых состоит из пары регистров R_i и r_i , а также пары триггеров Q_i и q_i . Структура учебного стека при проведении экспериментальных исследований отображается на экранной форме (рис. 2, а), где ВД – управляющий сигнал ввода данных, Д – поле ввода данных, РСД – регистр-счетчик данных, позволяющий в режиме записи (при ВД = 1) увеличивать содержимое РСД на единицу.

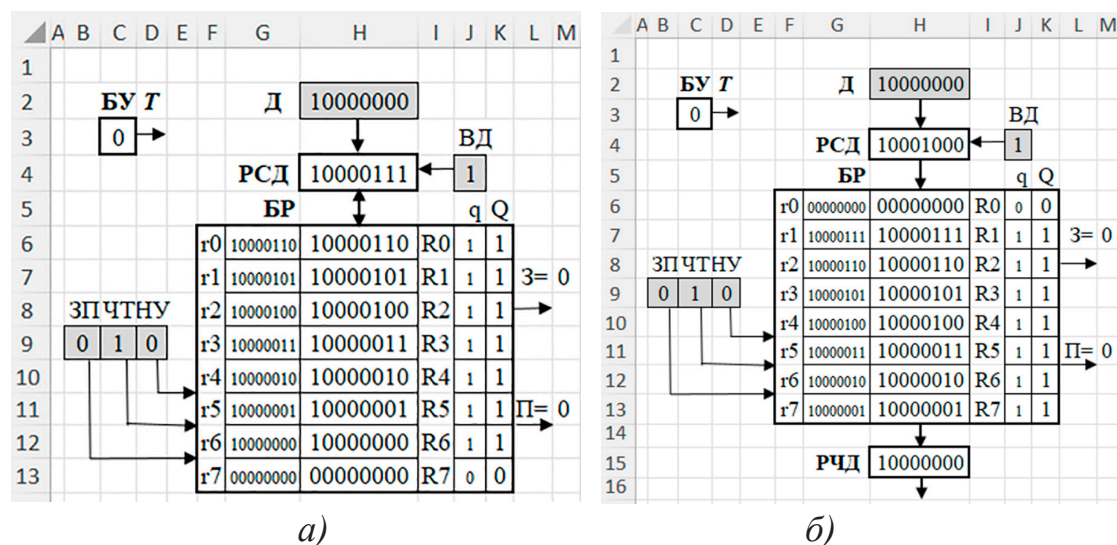


Рис. 2. Экранная форма для стека (а) и очереди (б)

Источник: составлено автором по результатам данного исследования

Таблица 1

Изменение состояний РСД, регистров накопителя стека (R и r), триггеров (Q и q)

Регистр / триггер	НУ = 1	ЗП = 1 (НУ = ЧТ = 0; 3 = 0)		ЧТ = 1 (НУ = ЗП = 0; П = 0)	
	Т = 0	Т = 0	Т = 1	Т = 0	Т = 1
РСД	= Д	= Д, при ВД = 0; = РСД+1, при ВД = 1	–	–	= r ₀
R _i	= 00000000, i = 0, 1, ..., 7	–	= r _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; R ₀ = РСД	–	= r _{i+1} , i = 0, 1, ..., 6; R ₇ = 00000000
r _i	= 00000000, i = 0, 1, ..., 7	= R _i , i = 0, 1, ..., 7	–	= R _i , i = 0, 1, ..., 7	–
Q _i	= 0, i = 0, 1, ..., 7	–	= q _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; Q ₀ = 1	–	= q _{i+1} , i = 0, 1, ..., 6; Q ₇ = 0
q _i	= 0, i = 0, 1, ..., 7	= Q _i , i = 0, 1, ..., 7	–	= Q _i , i = 0, 1, ..., 7	–

Источник: составлено автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Изменение состояний РСД, РЧД, регистров накопителя очереди (R), триггеров (Q)

Регистр / триггер	НУ = 1	ЗП = 1 (НУ = ЧТ = 0; 3 = 0)		ЧТ = 1 (НУ = ЗП = 0; П = 0)	
	Т = 0	Т = 0	Т = 1	Т = 0	Т = 1
РСД	= Д	= Д, при ВД = 0; = РСД+1, при ВД = 1	–	–	–
R _i	= 00000000, i = 0, 1, ..., 7	–	= r _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; если z = 1, иначе R _i R ₀ = РСД, если z ₀ = 1, иначе R ₀	–	= r _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; R ₀ = 00000000
Q _i	= 0, i = 0, 1, ..., 7	–	= q _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; если z = 1, иначе Q _i Q ₀ = 1, если z ₀ = 1, иначе Q ₀	–	= q _{i-1} , i = 1, 2, ..., 7; Q ₀ = 0
РЧД	= 00000000	–	–	–	= r ₇ , при q ₇ = 1; = РЧД при q ₇ = 0

Источник: составлено автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Функционирование стека описывается изменениями состояний РСД, регистров накопителя стека R_i и r_i ($i = 0, 1, \dots, 7$), триггеров Q_i и q_i ($i = 0, 1, \dots, 7$) в соответствии с управляющими и тактовыми сигналами с помощью таблицы переходов (табл. 1).

При $ЗП = ЧТ$ стек находится в режиме хранения. Осведомительные сигналы полностью заполненного и пустого стека формируются в соответствии со следующими формулами: $З = Q_7$; $П = \neg(Q_0 \vee Q_1 \vee \dots \vee Q_7)$.

Функциональная модель учебного варианта очереди, как и стека, разрабатывается на основе блока регистров, содержащего 8 восьмиразрядных ячеек памяти (ЯП i , $i = 0, 1, \dots, 7$), каждая из которых состоит из пары регистров R_i и r_i , а также пары триггеров Q_i и q_i . Для удобства проведения экспериментальных исследований функциональная модель очереди, так же как и модель учебного варианта стека, содержит поля управляющих сигналов и поле данных, а вместо регистра записи данных используется регистр-счетчик данных (РСД). Структура учебной очереди при проведении экспериментальных исследований отображается на экранной форме, приведенной на рис. 2, б. Функционирование очереди описывается таблицей переходов (табл. 2).

Описания изменений состояний регистров r_i ($i = 0, 1, \dots, 7$) и триггеров q_i ($i = 0, 1, \dots, 7$)

очереди совпадают с описаниями в таблице переходов стека (табл. 1). Внутренние признаки возможности записи z_i вычисляются по формулам $z_i = \neg(Q_i \& \dots \& Q_7)$, $i = 0, 1, \dots, 7$. Осведомительные сигналы полностью заполненной и пустой очереди формируются в соответствии со следующими формулами: $З = Q_0 \& Q_1 \& \dots \& Q_7$; $П = \neg(Q_0 \vee Q_1 \vee \dots \vee Q_7)$. При $ЗП = ЧТ$ очередь находится в режиме хранения.

Реализация функций стека и очереди с помощью функций Microsoft Excel. В процессе разработки функциональных моделей использовался подход, основанный на словном моделировании основных узлов и блоков ЭВМ с помощью стандартных функций Microsoft Excel, когда в ячейках могут находиться многозначные двоичные коды, а вычисления производятся в десятичной системе счисления. При этом сохраняется представление состояний входов и выходов узлов и блоков на экранных формах в двоичной системе счисления, а для моделирования функционирования последовательных схем используются формулы с циклическими ссылками [11].

В процессе разработки функциональной модели стека использовались следующие основные функции Microsoft Excel: НЕ, И, ИЛИ, ИСКЛИЛИ, ЕСЛИ, ОСНОВАННИЕ и ДЕС.

Таблица 3

Функциональное моделирование узлов и блоков стека

Узел/блок	Формула Microsoft Excel
БУ(Т)[СЗ]	= ЕСЛИ(И(НЕ(НУ); ИСКЛИЛИ(ЗП; ЧТ); НЕ(Т)); 1; 0)
РСД[Н4]	= ЕСЛИ(НУ; Д; ЕСЛИ(И(ВД = 0; ЗП; Т = 0); Д; ЕСЛИ(Т = 0; ЕСЛИ(И(ЗП; ВД = 1; НЕ(ЧТ)); ОСНОВАННИЕ(ДЕС(РСД; 2) + 1; 2; 8); ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП)); G6; РСД)); РСД)))
R0[H6]	= ЕСЛИ(НУ; »00000000«; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); РСД; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); G7; H6)); H6))
R1[H7]	= ЕСЛИ(НУ; »00000000«; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); G6; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); G8; H7)); H7))
R7[H13]	= ЕСЛИ(НУ; »00000000«; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); G12; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); »00000000«; H13)); H13))
r0[G6]	= ЕСЛИ(НУ; »00000000«; ЕСЛИ(И(Т; ИЛИ(ЗП; ЧТ)); G6; H6))
Q0[K6]	= ЕСЛИ(НУ; 0; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); 1; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); J7; K6)); K6))
Q1[K7]	= ЕСЛИ(НУ; 0; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); J6; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); J8; K7)); K7))
Q7[K13]	= ЕСЛИ(НУ; 0; ЕСЛИ(Т; ЕСЛИ(И(ЗП; НЕ(ЧТ); НЕ(З)); J12; ЕСЛИ(И(ЧТ; НЕ(ЗП); НЕ(П)); 0; K13)); K13))
q0[J6]	= ЕСЛИ(НУ; 0; ЕСЛИ(И(Т; ИЛИ(ЗП; ЧТ)); J6; K6))
З[M7]	= ЕСЛИ(K13; 1; 0)
П[M11]	= ЕСЛИ(ИЛИ(K6; K13); 0; 1)

Источник: составлено автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 4

Функциональное моделирование узлов и блоков очереди

Узел/блок	Формула Microsoft Excel
PCД[H4]	= ЕСЛИ(НУ;Д;ЕСЛИ(И(НЕ(Т);ЗП;ВД = 0);Д;ЕСЛИ(И(НЕ(Т);ЗП;ВД = 1;НЕ(ЧТ));ОСНОВАНИЕ(ДЕС(PCД;2)+1;2;8);PCД)))
R0[H6]	= ЕСЛИ(НУ;»00000000»;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(И(К6:К13)));PCД;ЕСЛИ(И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));»00000000»;H6);H6))
R1[H7]	= ЕСЛИ(НУ;»00000000»;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(ИЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(И(К7:К13)));И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));G6;H7);H7))
R7[H13]	= ЕСЛИ(НУ;»00000000»;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(ИЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(К13));И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));G12;H13);H13))
Q0[K6]	= ЕСЛИ(НУ;0;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(И(К6:К13)));1;ЕСЛИ(И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));0;K6);K6))
Q1[K7]	= ЕСЛИ(НУ;0;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(ИЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(И(К7:К13)));И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));J6;K7);K7))
Q7[K13]	= ЕСЛИ(НУ;0;ЕСЛИ(Т;ЕСЛИ(ИЛИ(И(ЗП;НЕ(ЧТ);НЕ(К13));И(ЧТ;НЕ(ЗП);НЕ(П));J12;K13);K13))
q0[J6]	= ЕСЛИ(НУ;0;ЕСЛИ(И(Т;ИЛИ(ЗП;ЧТ));J6;K6))
З[M7]	= ЕСЛИ(И(К6:К13);1;0)
PCД[H15]	= ЕСЛИ(НУ;»00000000»;ЕСЛИ(И(Т;ЧТ;НЕ(ЗП);J13);G13;PCД))

Источник: составлено автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Функциональное моделирование узлов и блоков стека осуществляется на основе таблицы переходов (табл. 1) и экранной формы (рис. 2, а) с помощью формул Microsoft Excel. Каждому узлу и блоку выделяется соответствующая ячейка Microsoft Excel, номер которой указывается в квадратных скобках (табл. 3). Для облегчения восприятия формул, большей части используемых в них ссылок на ячейки присвоены имена, совпадающие с ранее принятыми обозначениями сигналов и состояний входов и выходов моделируемых узлов и блоков. Поскольку формулы для регистров R1–R6 однотипны, приводится формула только R1[H7]. Аналогично формулы для всех регистров r0–r7 иллюстрирует формула r0[G6].

В процессе разработки функциональной модели очереди использовались те же функции Microsoft Excel, что и при разработке модели стека. Описание функциональной модели очереди приведено в табл. 4, в которую не включены формулы, совпадающие с формулами в табл. 3 (БУ(Т)[СЗ], r0[G6], q0[J6], П[M11]).

Экспериментальные исследования устройств заключаются в выполнении по тактам заданных последовательностей операций, состоящих из записи и чтения данных, включая последовательности, приводящие к полному заполнению и полному освобождению накопителя моделируемого устройства. При этом в Microsoft Excel включаются итеративные вычисле-

ния с предельным числом итераций равным единице. Компактность разработанных экранных форм дает возможность помещать их на одном листе Microsoft Excel и наблюдать параллельную работу моделей двух устройств. Наглядное представление одновременной работы устройств при выполнении одной и той же последовательности операций, состоящей из записи и чтения данных, облегчает понимание обучающимися особенностей функционирования исследуемых устройств.

Заключение

Применение технологии построения и использования в учебном процессе функциональных моделей запоминающих и вычислительных структур для создания моделей регистровых ЗУ со сдвигом информации типа стек и очередь, состоящих из параллельно работающих узлов и блоков, позволяет сделать следующие выводы. Функционирование моделируемого устройства может быть описано с помощью специальной таблицы – таблицы переходов, в которой фиксируются изменения состояний представленных в модели узлов и блоков в процессе их параллельной работы в зависимости от значений управляющих и тактовых сигналов. В таблицах для рассмотренного примера стека и очереди представлено одновременное перемещение хранящихся в ячейках памяти данных в соседние ячейки. При разработке экранной формы, отражаю-

щей структуру моделируемого устройства, для каждого моделируемого узла и блока определяется ячейка Microsoft Excel, в которой будет отображаться его состояние. Моделирование функционирования узлов и блоков производится с помощью формул Microsoft Excel на основе таблицы переходов и экранной формы устройства. Для облегчения восприятия формул в них вместо ссылок на ячейки можно использовать имена, совпадающие с привычными обозначениями сигналов и состояний узлов и блоков, введенными при описании моделируемого устройства. Кроме того, Microsoft Excel позволяет установить на листе с экранной формой устройства защиту, которая обеспечит изменение содержимого только ячеек, соответствующих полям ввода данных и управляющих сигналов, и защитит формулы модели от непреднамеренных изменений. Применение технологии построения и использования в учебном процессе функциональных моделей запоминающих и вычислительных структур оказывается полезным при самостоятельной разработке студентами моделей различных устройств, а созданные модели являются перспективным видом демонстрационного материала на лекциях.

Список литературы

1. Строгонов А., Буслев А., Давыдов С. Проектирование учебного процессора с фиксированной запятой в САПР Quartus II компании Altera // Компоненты и технологии. 2009. № 11. С. 114–119. URL: <https://kit-e.ru/cad/proektirovanie-uchebnogo-procссора-s-fiksirovannoj-zapyatoj-v-sapr-quartus-ii-kompanii-altera/?ysclid=ldcrumzsw8271211292> (дата обращения: 12.05.25).
2. Алехин В.А. Развитие учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в программной среде TINA // Открытое образование. 2017. Т. 21. № 6. С. 57–69. URL: <http://www.toe-mirea.ru/download/file17.pdf> (дата обращения: 12.05.25). DOI: 10.21686/1818-4243-2017-6-57-69.
3. Филатов М. Синтез цифровых устройств комбинационного типа в программной среде Proteus 8.1. Дешифраторы // Компоненты и технологии. 2018. № 2. С. 113–125. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32768927> (дата обращения: 12.05.25).
4. Стащук П.В. Выбор симулятора логических схем при изучении цифровых автоматов для неэлектротехнических специальностей вузов // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 4 (29). С. 63–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-simulyatora-logicheskikh-shem-pri-izuchenii-tsifrovyyh-avtomatov-dlya-neelektricheskikh-spetsialnostey-vuzov/viewer> (дата обращения: 12.05.25).
5. Жмакин А.П. Программные модели процессоров и ЭВМ // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2016. № 3 (11). С. 77–84. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_27184312_45680520.pdf (дата обращения: 12.05.25).
6. Страбыкин Д.А. Микропрограммная реализация и экспериментальное исследование учебного процессора в Microsoft Excel // Научное обозрение. Технические науки. 2023. № 3. С. 21–29. URL: <https://science-engineering.ru/article/view?id=1438> (дата обращения: 12.05.2025). DOI: 10.17513/srts.1438.
7. Шогинов А.А., Тлостанов Ю.К. Имитационная модель четырехразрядного регистра сдвига. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2017618381. Заявка № 2017615054 от 30.05.2017. Опубл. 28.07.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://onlinepatent.ru/software/2017618381> (дата обращения: 15.05.2025).
8. Коннов Н.Н., Пчелинцев А.И., Федюлов В.Д., Бычков А.С. Учебный кроссплатформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазиева (Воронеж, 10–12 февраля 2022 г.) / Под ред. Д.Н. Борисова. Воронеж: Издательство ООО «Вэлборн», 2022. С. 1403–1411. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4855645&pf=1> (дата обращения: 15.05.2025).
9. Страбыкин Д.А. Функциональная модель учебного потокового процессора // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 11. С. 109–118. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=40216> (дата обращения: 14.05.2025). DOI: 10.17513/snt.40216.
10. Семенов А.А., Усанов Д.А., Дронкин А.С. Активный аппаратный стек процессора // Известия вузов. Электроника / Proceedings of Universities. Electronics. 2019. Т. 24. № 3. С. 219–229. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_38172850_86441171.pdf (дата обращения: 15.05.2025).
11. Страбыкин Д.А. Разработка действующих функциональных моделей запоминающих устройств типа стек в Microsoft Excel // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 1. С. 37–43. URL: <https://science-engineering.ru/article/view?id=1456> (дата обращения: 15.05.2025). DOI: 10.17513/srts.1456.
12. Барковский Е.А., Лазутина А.А., Соколов А.В. Построение и анализ модели процесса работы с двумя деками, двигающимися друг за другом в общей памяти // Программные системы: теория и приложения. 2019. Т. 10. № 1 (40). С. 3–17. URL: <https://sciup.org/143169789> (дата обращения: 15.05.2025). DOI: 10.25209/2079-3316-2019-10-1-3-17.
13. Aksenova E.A., Sokolov A.V. Modeling of the Memory Management Process for Dynamic Work-Stealing Schedulers // 2017 Ivannikov ISPRAS Open Conference (Moscow, Russia, November 30 – December 1, 2017). Massachusetts, IEEE Xplore Digital Library, 2018. P. 12–15. [Электронный ресурс]. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/827329> (дата обращения: 15.05.2025). DOI: 10.1109/ISPRAS.2017.00009.
14. Страбыкин Д.А. Разработка и экспериментальное исследование функциональных моделей запоминающих устройств типа очередь в Microsoft Excel // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 6. С. 56–62. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=40064> (дата обращения: 15.05.2025). DOI: 10.17513/snt.40064.
15. Варшавский В.И., Мараховский В.Б. Самосинхронизируемый конечный автомат: от примера к синтезу // Информационно-управляющие системы. 2005. № 4. С. 33–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/samosinhroniziruemyy-konechnyy-avtomat-ot-primera-k-sintezu> (дата обращения: 15.05.2025).