

ISSN 2077-6810

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ

SCIENCE PROSPECTS

№ 3(198).2026.

Главный редактор

Воронкова О.В.

Редакционная коллегия:

Шувалов В.А.

Алтухов А.И.

Воронкова О.В.

Омар Ларук

Тютюнник В.М.

Беднаржевский С.С.

Чамсутдинов Н.У.

Петренко С.В.

Леванова Е.А.

Осипенко С.Т.

Надточий И.О.

Ду Кунь

У Сунцзе

Даукаев А.А.

Дривотин О.И.

Запивалов Н.П.

Пухаренко Ю.В.

Пеньков В.Б.

Джаманбалин К.К.

Даниловский А.Г.

Иванченко А.А.

Шадрин А.Б.

Снежко В.Л.

Левшина В.В.

Мельникова С.И.

Артюх А.А.

Лифинцева А.А.

Попова Н.В.

Серых А.Б.

Учредитель

**Межрегиональная общественная организация
«Фонд развития науки и культуры»**

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

**Системный анализ, управление
и обработка информации**

Автоматизация и управление

**Математическое моделирование
и численные методы**

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА:

**Теплоснабжение, вентиляция,
кондиционирование воздуха**

**Архитектура, реставрация
и реконструкция**

**Управление жизненным циклом объектов
строительства**

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ:

**Теория и методика обучения
и воспитания**

Профессиональное образование

ТАМБОВ 2026

Журнал «Перспективы науки»
зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-37899 от 29.10.2009 г.

Учредитель

Межрегиональная общественная
организация «Фонд развития науки
и культуры»

Журнал «Перспективы науки» входит в
перечень ВАК ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертации на
соискание ученой степени доктора
и кандидата наук

Главный редактор
О.В. Воронкова

Технический редактор
М.Г. Карина

Редактор иностранного
перевода
Н.А. Гунина

Инженер по компьютерному
макетированию
М.Г. Карина

**Адрес издателя, редакции,
типографии:**
392020, Тамбовская область,
г.о. город Тамбов, г. Тамбов,
ул. Советская, д. 160, кв. 10

Телефон:
8(4752)71-14-18

E-mail:
journal@moofrnk.com

На сайте
<http://moofrnk.com/>
размещена полнотекстовая
версия журнала

Информация об опубликованных
статьях регулярно предоставляется
в систему Российского индекса научного
цитирования (договор № 31-12/09)

Импакт-фактор РИНЦ: 0,528

Экспертный совет журнала

Шувалов Владимир Анатольевич – доктор биологических наук, академик, директор Института фундаментальных проблем биологии РАН, член президиума РАН, член президиума Пущинского научного центра РАН; тел.: +7(496)773-36-01; E-mail: shuvalov@issp.serphukhov.su

Алтухов Анатолий Иванович – доктор экономических наук, профессор, академик-секретарь Отделения экономики и земельных отношений, член-корреспондент Российской академии сельскохозяйственных наук; тел.: +7(495)124-80-74; E-mail: otdeconomika@yandex.ru

Воронкова Ольга Васильевна – доктор экономических наук, профессор, главный редактор, председатель редколлегии, академик РАЕН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(981)972-09-93; E-mail: journal@moofrnk.com

Омар Ларук – доктор филологических наук, доцент Национальной школы информатики и библиотек Университета Лиона; тел.: +7(912)789-00-32; E-mail: omar.larouk@enssib.fr

Тютюнник Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, директор Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств, президент Международного Информационного Нобелевского Центра, академик РАЕН; тел.: +7(4752)50-46-00; E-mail: vmt@tmb.ru

Беднаржевский Сергей Станиславович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Сургутского государственного университета, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, академик РАЕН и Международной энергетической академии; тел.: +7(3462)76-28-12; E-mail: sbed@mail.ru

Чамсутдинов Наби Уматович – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии Дагестанской государственной медицинской академии МЗ СР РФ, член-корреспондент РАЕН, заместитель руководителя Дагестанского отделения Российского Респираторного общества; тел.: +7(928)965-53-49; E-mail: nauchdoc@rambler.ru

Петренко Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(4742)32-84-36, +7(4742)22-19-83; E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru

Леванова Елена Александровна – доктор педагогических наук, профессор кафедры социальной педагогики и психологии, декан факультета переподготовки кадров по практической психологии, декан факультета педагогики и психологии Московского социально-педагогического института; тел.: +7(495)607-41-86, +7(495)607-45-13; E-mail: dekanmospi@mail.ru

Осипенко Сергей Тихонович – кандидат юридических наук, член Адвокатской палаты, доцент кафедры гражданского и предпринимательского права Российского государственного института интеллектуальной собственности; тел.: +7(495)642-30-09, +7(903)557-04-92; E-mail: a.setios@setios.ru

Надточий Игорь Олегович – доктор философских наук, доцент, заведующий кафедрой «Философия» Воронежской государственной лесотехнической академии; тел.: +7(4732)53-70-70, +7(4732)35-22-63; E-mail: in-ad@yandex.ru

Ду Кунь – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и развития сельского хозяйства Института кооперации Циндаоского аграрного университета, г. Циндао (Китай); тел.: +7(960)667-15-87; E-mail: tambodvu@hotmail.com

Экспертный совет журнала

У Сунцзе – кандидат экономических наук, преподаватель Шаньдунского педагогического университета, г. Шаньдун (Китай); тел.: +86(130)21696101; E-mail: qdwucong@hotmail.com

Даукаев Арун Абалханович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии и минерального сырья КНИИ РАН, профессор кафедры «Физическая география и ландшафтоведение» Чеченского государственного университета, г. Грозный (Чеченская Республика); тел.: +7(928)782-89-40

Дривотин Олег Игоревич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)428-47-29; E-mail: drivotin@yandex.ru

Запывалов Николай Петрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, заслуженный геолог СССР, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; тел.: +7(383) 333-28-95; E-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru

Пухаренко Юрий Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, член-корреспондент РААСН, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(921)324-59-08; E-mail: tsik@spbgasu.ru

Пеньков Виктор Борисович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Математические методы в экономике» Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: +7(920)240-36-19; E-mail: vbpenkov@mail.ru

Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич – доктор физико-математических наук, профессор, ректор Костанайского социально-технического университета имени академика Зулкарнай Алдамжар, г. Костанай (Республика Казахстан); E-mail: pkkstu@mail.ru

Даниловский Алексей Глебович – доктор технических наук, профессор кафедры судовых энергетических установок, систем и оборудования Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)714-29-49; E-mail: agdanilovskij@mail.ru

Иванченко Александр Андреевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)748-96-61; E-mail: IvanchenkoAA@gumrf.ru

Шадрин Александр Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(812)321-37-34; E-mail: abshadrin@yandex.ru

Снежко Вера Леонидовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии в строительстве» Московского государственного университета природообустройства, г. Москва; тел.: +7(495)153-97-66, +7(495)153-97-57; E-mail: VL_Snejko@mail.ru

Левшина Виолетта Витальевна – доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и математические методы экономики» Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск; E-mail: violetta@sibstu.krasnoyarsk.ru

Мельникова Светлана Ивановна – доктор искусствоведения, профессор, заведующий кафедрой драматургии и киноведения Института экранных искусств Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

Артюх Анжелика Александровна – доктор искусствоведения, профессор кафедры драматургии и киноведения Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(911)925-00-31; E-mail: s-melnikova@list.ru

Лифинцева Алла Александровна – доктор психологических наук, доцент Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; E-mail: aalifintseva@gmail.com

Попова Нина Васильевна – доктор педагогических наук, профессор кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Гуманитарного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург; тел.: +7(950)029-22-57; E-mail: ninavasp@mail.ru

Серых Анна Борисовна – доктор педагогических наук, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой специальных психолого-педагогических дисциплин Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград; тел.: +7(911)451-10-91; E-mail: serykh@baltnet.ru

Содержание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Системный анализ, управление и обработка информации

Ашимов Д.Ж., Тесля Н.Б., Колдунова И.Д. Реализация интегрированной платформы по автоматизации, управлению и контролю за исполнением задач.....	12
Бесхмельнов М.И. Экспериментальная оценка эффективности гибридных алгоритмов планирования и позиционно-траекторного управления БПЛА в условиях неопределенности...	19
Ву Чи Чиен, Нгуен Минь Тьонг Синтез алгоритма компенсации динамической погрешности интеллектуальных датчиков давления с использованием нейросетевой модели	25
Жериборов Д.С., Бурнасов А.С. От Wi-Fi к психическому здоровью: система принятия решений для ранней диагностики депрессии	29
Крез К.С., Филипенко В.Ю. Формирование индивидуальных траекторий обучения с учетом риска плагиата: применение теории графов и алгоритмов рекомендаций.....	33
Кузнецова Н.С., Ахмед Юсеф Фуад Махмуд, Али Мохтар Саид Омар Абделхалим, Сара Абделмажид Ибрахим Мохамед Кхалил Алгоритм количественного анализа конусно-лучевых томограмм для автоматизированной верификации одонтогенного верхнечелюстного синусита.....	38
Орлов Г.А., Скорнякова Е.А., Глазунова О.И. Проектирование и реализация клиент-серверной архитектуры веб-приложения интерактивных 3D-экскурсий на основе технологий WebGL и Node.js	42
Остроухов Н.А., Ефимов С.Н. Влияние антропогенных факторов на точность прогнозирования наводнений с помощью нейронных сетей	47
Припадчев А.Д., Никитенко А.В., Горбунов А.А., Магдин А.Г. Разработка оптимального метода управления взлетом летательного аппарата.....	51
Санталов С.М. Архитектура вычислительного конвейера пассивного скрининга нарушений цветового зрения на основе окулографических метрик и алгоритмов машинного обучения в среде потребительских устройств.....	55
Соу Амаду Диюлде Проектирование IoT-инфраструктуры мониторинга качества атмосферного воздуха городских агломераций на основе протоколов LoRaWAN и MQTT (на примере Конакри, Республика Гвинея).....	60
Терехин К.А., Бычкова Н.А. Архитектура конвейера инференса трансформерных моделей: методы оптимизации памяти, компрессии весов и аппаратно-ориентированного ускорения.....	65
Хвалько Д.Т. Инфраструктура JSON Web Token. Реализация основных типов атак	69
Цеева Ф.М., Сенов Х.М., Бозиева А.М., Шогенова М.М., Цеев А.В. Архитектура и программная реализация образовательного ИИ-ассистента на основе RAG-пайплайна для предметной области управления робототехническими системами.....	74
Цеева Ф.М. Архитектура многоуровневой системы обнаружения аномалий в телеметрических потоках промышленного интернета вещей на основе комбинированного статистико-нейросетевого подхода.....	78

Содержание

- Чжоу Цзыхао, Тянь Цзяхуань, Жэнь Минтао** Оптимизация архитектуры нейросетевой системы UNet для высокоточной сегментации медицинских изображений при ограниченной разметке и вычислительных ресурсах..... 82
- Черников В.С., Лифиренко М.В.** Разработка алгоритмов повышения эффективности эксплуатации и обслуживания сетей наружного освещения 86

Автоматизация и управление

- Жданов Э.Р., Гриднева О.С., Миронова Т.Л., Грохотова О.Г.** Инновационные подходы к управлению производством..... 98
- Кривоногов Д.Ю., Чистяков И.А., Воротников С.А.** Оптимизация функции вознаграждения в обучении с подкреплением для повышения робастности локальной навигации мобильного робота на основе данных 2D-лидара 102
- Ружеников А.А., Скоробогатченко Д.А., Жохов В.Д.** Проектирование программно-аппаратного комплекса управления зарядной инфраструктурой электробусного парка: протоколы, топологии преобразователей и алгоритмы оптимизации состояния заряда 108

Математическое моделирование и численные методы

- Андрющенко О.В., Анохина И.М.** Численное моделирование НДС ортотропной цилиндрической конструкции с учетом воздействия жидкой среды.....112
- Ла Т.А., Уварова Л.А.** Анализ стратификации вязкости и динамических последствий в потоке степенной жидкости при локализованном впрыске частиц..... 120
- Сназин А.А., Шевченко В.И., Лизан В.М.** Влияние параметров кольцевого канала на динамику распространения ударной волны..... 128
- Тюлькин Б.В., Гришкин В.М.** Визуализация жидкости методом объемного Ray Marching с генерацией каустики на основе скалярного поля плотности 133

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха

- Нестеренко С.В., Фокин В.М., Федоров В.В.** Исследование энергетического потенциала флюидных скважин для систем теплоснабжения 140

Архитектура, реставрация и реконструкция

- Шафрай Е.С.** Архитектурные элементы современных набережных: рассмотрение примеров с точки зрения роли набережных как городских пространств 144

Управление жизненным циклом объектов строительства

- Абас М.Х., Олейник П.П.** Исследование факторов, влияющих на устройство инженерных систем высотных зданий на всех этапах жизненного цикла объекта 151

Содержание

Соловьева А.В., Федоров С.С. Особенности внедрения цифровой эксплуатации на базе цифровой информационной модели	155
Черепанова Е.О., Федоров С.С., Актасhev К.А. Разработка концепции внедрения автоматизированной системы управления эксплуатацией на базе Новосибирского государственного университета	159

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Теория и методика обучения и воспитания

Герасимова А.Г. Анализ существующих систем управления портфолио и инструментов автоматического распознавания текста.....	163
Гермогенов М.Э., Шергин Г.Н., Сентизова М.И. Влияние физической активности на здоровье и развитие детей: основа будущего нации	167
Гозгешева С.М., Башкирова С.Н., Имнаев Ш.А. Влияние адаптивной физической культуры на когнитивные способности студентов: эмпирический аспект.....	171
Делюкова Я.В. Некоторые методические аспекты обучения теории функций комплексной переменной студентов педагогического направления	175
Каменец Н.В., Павленков Р.П., Буцик П.Е. Буллинг в студенческой среде: влияние, последствия и меры его предотвращения.....	179
Кулешова О.Д., Львова А.С. Диагностика социально-коммуникативного развития младших школьников: методики и опросники.....	184
Куркина И.Н., Грязнов С.А., Кузнецов М.И., Ломакина А.Н. Особенности влияния тюремной субкультуры на различные категории осужденных к лишению свободы.....	189
Куркина И.Н., Грязнов С.А., Кузнецов М.И., Соколова Ю.А. Основные направления совершенствования педагогической деятельности коллектива сотрудников исправительного учреждения в рамках воздействия на осужденных к длительным срокам лишения свободы.....	192
Ломакина А.Н., Куркина И.Н., Соколова Ю.А., Гудкова А.В. Основные этапы психолого-педагогического сопровождения осужденных с агрессивными формами поведения.....	195
Лопатин Л.А., Васенков Н.В., Шарыпова Т.П., Биккулова Л.Э. Применение методов самоконтроля на занятиях студентов.....	199
Михайлова Э.В., Степанова Е.Е. Интеграция экологического подхода в проектное обучение дизайнеров: кейс разработки поильников для птиц для городской среды	203
Попова М.И., Парникова Г.М. Подходы к категории «командная работа» для эффективного формирования умений иноязычного говорения будущих учителей английского языка.....	208
Романова И.С., Прохорова А.А. Применение инфографики в реализации принципа наглядности: от античности до наших дней.....	212
Се Сяюй, Бянь Вэй Обучение музыкальной образности пауз и ритма в композиции «Песня о цветах сливы»: педагогические подходы и освоение культурного наследия династии Сун.....	218

Содержание

Sinambela P.N.J.M., Savelyeva N.Kh. Exploring Modulo Arithmetic Through Primbon (Javanese Calendar): An Ethnomathematical Pathway to Develop Pre-Service Mathematics Teachers' Digital Intercultural Competence	222
Щербакова Д.С., Шак Ф.М. Обучение тэппинговым приемам игры на классической гитаре в детских школах искусств	231
Юдина Т.М., Чуркина М.Е. Использование видео и текстов для чтения с применением интеллект-карты на занятиях РКИ в вузе.....	236

Профессиональное образование

Абильтарова Э.Н., Аблязов Н.Р., Чалышева В.И. Формы организации образовательного процесса формирования культуры безопасности профессиональной деятельности у будущих специалистов в области охраны труда	240
Богач М.А. Актуализация проблемы развития навыков визуальной коммуникации студентов вузов.....	245
Завьялова О.С., Головченко И.В., Ратников В.Д., Пашкова И.С. Лагранжево и Эйлерово описание: от траектории к полю в обучении будущих биофизиков	251
Кариентиди Г.Н., Мацко А.И., Иванова С.В., Колесникова А.П. Совершенствование уровня силовой подготовленности спортсменов	256
Леурда О.П., Серженко Н.М. Медиатизация вокального искусства: трансформация оригинальности, интерпретации и восприятия в цифровую эпоху	260
Маслиева Е.С., Мороз Ю.А., Осадчая И.Ю., Еремина Ю.Ю. Тренды 2024–2026: как генеративный ИИ меняет педагогический дизайн и роль преподавателя иностранного языка..	268
Павлова С.В., Молодых Е.А. Научная конференция как способ развития коммуникативной компетенции студентов неязыкового вуза.....	272
Пашков А.П., Жукова О.В., Требушинина Т.Г., Мешкова М.О. Применение интерактивного стола «пирогов» и лаборатории Bitronicslab как средство повышения качества обучения биомеханике учителей физической культуры в педагогическом вузе	276
Рыбальченко Т.П., Костенко А.А., Колесникова А.П., Медведева Т.В. Влияние показателей подготовленности прыгунов в высоту различной квалификации на результаты соревновательной деятельности.....	280
Фролов И.С., Кириллова О.В. Формирование профессиональной устойчивости будущих геологов в процессе полевых практик: развитие ключевых профессионально важных качеств	284
Цой Н.Г., Абакумова И.В. Методические основы и вызовы подготовки преподавателей китайского языка как иностранного с учетом лингвокультурной специфики	289
Чжоу Цзявэнь, Кобозева И.С. Концертный репертуар современного исполнителя на тубе.....	293

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

System Analysis, Control and Information Processing

Ashimov D.Zh., Teslya N.B., Koldunova I.D. Implementation of an Integrated Platform for Automation, Management, and Task Execution Control	12
Beskhmel'nov M.I. Experimental Evaluation of the Effectiveness of Hybrid Algorithms for Planning and Position-Trajectory Control of UAVs under Uncertainty Conditions.....	19
Vu Chi Chien, Nguyen Minh Tuong Synthesis of an Algorithm to Compensate the Dynamic Error of Intelligent Pressure Sensors Using a Neural Network Model	25
Zheriborov D.S., Burnasov A.S. From Wi-Fi to Mental Health: A Decision-Making Framework for Early Depression Detection	29
Krez K.S., Filipenko V.Yu. Forming Individual Learning Paths Considering the Risk of Plagiarism: Application of Graph Theory and Recommendation Algorithms	33
Kuznetsova N.S., Ahmed Youssef Fouad Mahmoud, Ali Mokhtar Said Omar Abdelhalim, Sarah Abdelmajid Ibrahim Mohamed Khalil An Algorithm for Quantitative Analysis of Cone-Beam Tomograms for Automated Verification of Odontogenic Maxillary Sinusitis.....	38
Orlov G.A., Skornyakova E.A., Glazunova O.I. Design and Implementation of a Client-Server Architecture for a Web Application for Interactive 3D Tours Based on WebGL and Node.js Technologies	42
Ostroukhov N.A., Efimov S.N. The Influence of Anthropogenic Factors on the Accuracy of Flood Forecasting Using Neural Networks	47
Pripadchev A.D., Nikitenko A.V., Gorbunov A.A., Magdin A.G. Development of an Optimal Method to Control the Takeoff of Aircraft	51
Santalov S.M. Architecture of a Computational Pipeline for Passive Screening of Color Vision Deficiencies Based on Oculographic Metrics and Machine Learning Algorithms in a Consumer Device Environment.....	55
Sou Amadou Diouldé Designing an IoT Infrastructure to Monitor Air Quality in Urban Agglomerations Using LoRaWAN and MQTT Protocols (Using the example of Conakry, Republic of Guinea).....	60
Terekhin K.A., Bychkova N.A. Inference Pipeline Architecture Transformer Models: Methods for Memory Optimization, Weight Compression, and Hardware-Oriented Acceleration	65
Khvalko D.T. JSON Web Infrastructure Token. Implementation of the Main Types of Attacks ...	69
Tseeva F.M., Senov H.M., Bozieva A.M., Shogenova M.M., Tseev A.V. Architecture and Software Implementation of an Educational AI Assistant Based on the RAG Pipeline for the Subject Area of Robotic Systems Control.....	74
Tseeva F.M. Architecture of a Multi-Level Anomaly Detection System in Industrial Internet of Things telemetry Streams Based on a Combined Statistical-Neural Network Approach	78
Zhou Zihao, Tian Jiahuan, Ren Mingtao Optimization of the Architecture of the UNet Neural	

Contents

Network System for High-Precision Segmentation of Medical Images with Limited Labeling and Computing Resources.....	82
Chernikov V.S., Lifirenko M.V. Development of Algorithms to Improve the Efficiency of Operation and Maintenance of Outdoor Lighting Networks	86

Automation and Control

Zhdanov E.R., Gridneva O.S., Mironova T.L., Grokhotova O.G. Innovative Approaches to Production Management.....	98
Krivosnogov D.Yu., Chistyakov I.A., Vorotnikov S.A. Reward Function Optimization in Reinforcement Learning to Improve the Robustness of Local Navigation of a Mobile Robot Based on 2D Lidar Data.....	102
Ruzhennikov A.A., Skorobogatchenko D.A., Zhokhov V.D. Design of a Hardware and Software System to Manage the Charging Infrastructure of an Electric Bus Fleet: Protocols, Converter Topologies, and State-of-Charge Optimization Algorithms.....	108

Mathematical Modeling and Numerical Methods

Andryushchenko O.V., Anokhina I.M. Numerical Modeling of the Stress-Strain State of an Orthotropic Cylindrical Structure Given the Influence of a Liquid Medium.....	112
La T.A., Uvarova L.A. Analysis of Viscosity Stratification and Dynamic Effects in Power-Law Fluid Flow with Localized Particle Injection.....	120
Snazin A.A., Shevchenko V.I., Lizan V.M. The Influence of Annular Channel Parameters on the Dynamics of Shock Wave Propagation.....	128
Tyulkin B.V., Grishkin V.M. Ray Fluid Visualization Marching with Caustics Generated Using a Scalar Density Field	133

CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Heat Supply, Ventilation, Air Conditioning

Nesterenko S.V., Fokin V.M., Fedorov V.V. Study of the Energy Potential of Fluid Wells for Heating Systems	140
---	-----

Architecture, Restoration and Reconstruction

Shafray E.S. Architectural Elements of Modern Embankments: A Consideration of Examples from the Perspective of the Role of Embankments as Urban Spaces.....	144
--	-----

Life Cycle Management of Construction Objects

Abas M.Kh., Oleynik P.P. A study of Factors Influencing the Design of Engineering Systems in High-Rise Buildings at All Stages of the Facility's Life Cycle.....	151
---	-----

Contents

Solovyova A.V., Fedorov S.S. Features of the Implementation of Digital Operation Based on a Digital Information Model	155
Cherepanova E.O., Fedorov S.S., Aktashev K.A. Development of a Concept for the Implementation of an Automated Operation Management System at Novosibirsk State University	159

PEDAGOGICAL SCIENCES

Theory and Methods of Training and Education

Gerasimova A.G. Analysis of Existing Portfolio Management Systems and Automatic Text Recognition Tools.....	163
Germogenov M.E., Shergin G.N., Sentizova M.I. The Impact of Physical Activity on Children's Health and Development: The Foundation of the Nation's Future.....	167
Gozgesheva S.M., Bashkirova S.N., Imnaev Sh.A. The Impact of Adaptive Physical Education on Students' Cognitive Abilities: An Empirical Aspect.....	171
Delyukova Ya.V. Some Methodological Aspects of Teaching the Theory of Complex Variable Functions to Pedagogical Students	175
Kamenets N.V., Pavlenkov R.P., Butsik P.E. Bullying Among Students: Impact, Consequences and Measures to Prevent it	179
Kuleshova O.D., Lvova A.S. Diagnostics of Social and Communicative Development of Primary School Students: Methods and Questionnaires	184
Kurkina I.N., Gryaznov S.A., Kuznetsov M.I., Lomakina A.N. Peculiarities of the Influence of Prison Subculture on Various Categories of Prisoners.....	189
Kurkina I.N., Gryaznov S.A., Kuznetsov M.I., Sokolova Yu.A. Key Areas for Improving Pedagogical Activities of the Correctional Institution Staff to Influence Those Sentenced to Long-term Imprisonment	192
Lomakina A.N., Kurkina I.N., Sokolova Yu.A., Gudkova A.V. The Main Stages of Psychological and Pedagogical Support for Convicts with Aggressive Forms of Behavior	195
Lopatin L.A., Vasenkov N.V., Sharypova T.P., Bikulova L.E. Application of Self-Control Methods in Student Classes.....	199
Mikhailova E.V., Stepanova E.E. Integrating an Ecological Approach into Project-Based Design Training: A Case Study of Bird Feeders for Urban Environments	203
Popova M.I., Parnikova G.M. Approaches to the Category of "Teamwork" for the Effective Development of Foreign Language Speaking Skills of Future English teachers	208
Romanova I.S., Prokhorova A.A. The Use of Infographics in the Implementation of the Clarity Principle: From Antiquity to the Present Day.....	212
Xie Xiaoyu, Bian Wei Teaching the Musical Imagery of Rests and Rhythm in the Song of the Plum Blossoms: Pedagogical Approaches and the Development of the Cultural Heritage of the	

Contents

Song Dynasty.....	218
Синамбела П.Н.Дж.М., Савельева Н.Х. Изучение модульной арифметики с помощью примбона (яванского календаря): этноматематический путь развития цифровой межкультурной компетенции будущих учителей математики.....	222
Shcherbakova D.S., Shak F.M. Teaching Classical Guitar Tapping Techniques in Children’s Art Schools.....	231
Yudina T.M., Churkina M.E. Using Videos and Texts for Reading together with Mind Maps in Russian as a Foreign Language Classes at University.....	236

Professional Education

Abiltarova E.N., Ablyazov N.R., Chalysheva V.I. Forms of Organization of the Educational Process for the Formation of Professional Safety Culture among Future Specialists in the Field of Labor Protection.....	240
Bogach M.A. Updating the Problem of Developing Visual Communication Skills of University Students.....	245
Zavyalova O.S., Golovchenko I.V., Ratnikov V.D., Pashkova I.S. Lagrangian and Eulerian Descriptions: From Trajectory to Field in Training of Future Biophysicists.....	251
Karientidi G.N., Matsko A.I., Ivanova S.V., Kolesnikova A.P. Improving the Level of Strength Training of Athletes.....	256
Leurda O.P., Serzhenko N.M. Mediatization of Vocal Art: Transforming Originality, Interpretation, and Perception in the Digital Age.....	260
Maslieva E.S., Moroz Yu.A., Osadchaya I.Yu., Eremina Yu.Yu. Trends 2024–2026: How Generative AI is Changing Instructional Design and the Role of Foreign Language Teachers....	268
Pavlova S.V., Molodykh E.A. Scientific Conference as a Way to Develop Communicative Competence of Students at a Non-Linguistic University.....	272
Pashkov A.P., Zhukova O.V., Trebushinina T.G., Meshkova M.O. Using an Interactive Pirogov Anatomy table and the Bitronicslab Laboratory as a Tool to Improve the Quality of Biomechanics Teaching for Physical Education Teachers at Pedagogical University.....	276
Rybalchenko T.P., Kostenko A.A., Kolesnikova A.P., Medvedeva T.V. The Influence of Fitness Indicators of High Jumpers of Different Qualifications on Competition Results.....	280
Frolov I.S., Kirillova O.V. Formation of Professional Resilience of Future Geologists through Field Practices: Development of Key Professionally Important Qualities.....	284
Tsoi N.G., Abakumova I.V. Methodological Foundations and Challenges of Training Teachers of Chinese as a Foreign Language Taking into Account Linguistic and Cultural Specifics.....	289
Zhou JiaWen, Kobozeva I.S. Concert Repertoire of a Contemporary Tuba Performer.....	293

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ, УПРАВЛЕНИЮ И КОНТРОЛЮ ЗА ИСПОЛНЕНИЕМ ЗАДАЧ

Д.Ж. АШИМОВ¹, Н.Б. ТЕСЛЯ², И.Д. КОЛДУНОВА²

¹ Федеральная служба войск национальной гвардии Российской Федерации,
г. Москва;

² АНОО ВО РФ Центросоюза Российской Федерации
«Сибирский университет потребительской кооперации»,
г. Новосибирск

Ключевые слова и фразы: информационная система; интегрированная платформа; контроль за исполнением задач; управленческие решения.

Аннотация: Цель работы заключается в разработке интегрированной платформы, позволяющей эффективно распределять задачи, контролировать их исполнение и обеспечивать информационную поддержку управленческих решений. В качестве методов и технологий использованы методы и технологии разработки, применяемые для построения эффективной информационной системы. Авторами был определен технологический стек разработки на основе проверенных решений, разработана концептуальная схема базы данных. Гипотеза исследования заключается в создании инструмента, повышающего прозрачность управления задачами, а также минимизирующего влияние человеческого фактора и обеспечивающего централизованный доступ к актуальной информации. Результатом работы является веб-приложение «Контроль исполнительской деятельности», которое введено в эксплуатацию.

Введение

Эффективное управление задачами и контроль за их исполнением являются ключевыми факторами в работе любой организации. В условиях возрастающей информационной нагрузки и необходимости оперативного принятия решений традиционные методы становятся неэффективными и устаревшими. Хотя существующие системы управления задачами предлагают разнообразные инструменты для постановки задач и отслеживания их исполнения, они не учитывают специфику внутренних процессов конкретной организации, обладают избыточным функционалом и требуют значительных усилий для их освоения.

События, происходящие в РФ в последние десятилетия, способствовали активному продвижению отечественного программного обеспечения, а в государственных структурах – полному переводу всех клиентских компьютеров и серверного оборудования на отече-

ственные операционные системы и программное обеспечение, прошедшие сертификацию Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) и внесенные в реестр программного обеспечения РФ. В Российской Федерации активно идет программа импортозамещения иностранного программного обеспечения на отечественное, регламентируемая Указом Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» и Указом Президента Российской Федерации от 01.05.2022 № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации».

Цель работы заключается в создании инструмента управления задачами, с учетом специфики деятельности Федерального Государственного Казенного Учреждения «Управление Сибирского округа войск национальной гвар-

Таблица 1. Анализ систем управления поручениями

Наименование системы	КИП «МОТИВ»	«ПУЛЬС- ПРО» КИП	ГосСЭД	INOUT	Mycollab	PlanFix
Возможности						
Наличие в едином реестре программного обеспечения (либо открытый исходный код)	+	+	+	+	+	–
Совместимость с веб-сервером <i>Apache2</i>	+	–	+	+	+	–
Совместимость с <i>CMS Wordpress</i>	+	–	–	–	+	+
Совместимость с <i>Astra Linux</i>	+	–	+	–	+	–
<i>Freeware</i> (бесплатное ПО) либо в базовом комплекте ОС <i>Astra Linux</i>	–	–	–	–	+	–
Возможность работы в изолированной локальной сети	+	–	+	+	+	+
Плавный переход с веб-приложения «Контроль исполнительской дисциплины»	–	–	–	–	–	–
Простота использования	+	–	–	+	–	–

дии Российской Федерации» (СибО ВНГ РФ), осуществляющего правоохранительную деятельность в десяти субъектах Российской Федерации.

Постановка задачи

Из числа зарегистрированных в реестре ПО РФ приложений рассматривались системы управления поручениями «ПУЛЬС-ПРО» «Контроль исполнения поручений», КИП «МОТИВ», *PlanFix*, СПО «ГосСЭД» [5–8], *Mycollab*, *INOUT* [9–10]. Возможности существующих систем управления с точки зрения обязательного импортозамещения проанализированы в табл. 1.

Общая цель каждой системы сводится к уменьшению документооборота на бумажных носителях. При этом, перенося информацию в цифровые записи, указанные системы целенаправленно облегчают управление бизнес-процессами и позволяют сосредоточиться на стратегически важных вопросах, исключить человеческую невнимательность и забывчивость.

В 2000-х гг. специалистами автоматизированных систем управления Северо-Западного округа внутренних войск министерства внутренних дел России было разработано веб-

приложение и добавлено в список разрешенного программного обеспечения и информационных систем внутренних войск Министерства внутренних дел России. Однако в настоящее время указанный продукт перестал соответствовать современным требованиям ввиду отсутствия интеграции с системой управления содержимым сайта *WordPress* [2], который функционирует в управлении СибО ВНГ РФ, а также отсутствия необходимых инструментов и несоответствия дизайна требованиям *UX/UI*. Важным является факт несовместимости работы под управлением операционной системы *Astra Linux*. В связи с вышеизложенным было принято решение о разработке собственной информационной системы управления задачами под названием «Контроль исполнительской деятельности» (КИД) [3].

Предлагаемый подход

При создании платформы необходимо правильно подобрать технологии, обеспечивающие соответствие требованиям заказчика и нормативно-правовой базы.

Выбор технологии был основан исходя из анализа работ по теме «Разработка информационной системы». Основные требования к раз-

изменить	Подразделение	Ответственный	Контрольная дата	Мероприятие	№ вх., дата	Кому доложить	№ исх., дата	Приложение
Изменить	Управление СибО	Отдел ОМ	2024-10-31	Представить доклады о...	от 2024-10-06	Росгвардии		
Изменить	Управление СибО	Отдел	2025-02-05	Обращение	от 2025-01-21	В адрес Директора Росгвардии	2025-01-31	
Изменить	Управление СибО	Отдел кадров	2025-02-05	Обращение	от 2025-01-30		2025-02-03	
Изменить	Управление СибО	Отдел	2025-02-06	Обращение	от 2025-01-13	В адрес Директора Росгвардии		

Рис. 1. Основная страница веб-приложения «КИД»

работке информационных систем освещены в работе [1], где авторами системно рассмотрен процесс их построения. В работе [4] рассматриваются методологии разработки программного обеспечения.

Технологический стек был сформирован на основе проверенных решений, которые удовлетворяют современным стандартам и требованиям Департамента цифрового развития и защиты информации Росгвардии и гарантируют долговечность и масштабируемость веб-приложения.

Система управления базами данных PostgreSQL 11 – версия СУБД, входящая в базовый комплект поставки операционной системы Astra Linux 1.7 и выше, имеет цифровую подпись и допущена к использованию в войсках национальной гвардии.

Язык гипертекстовой разметки HTML – является основой для создания структуры пользовательского интерфейса веб-приложения. Благодаря поддержке тегов форм и атрибутов для валидации позволяет упростить ввод данных и минимизировать количество ошибок. HTML предоставляет гибкость для реализации сложных интерфейсов, оставаясь при этом легким для интеграции с другими технологиями, к примеру в совокупности с CSS и JavaScript позволяет достаточно быстро разработать интерактивный макет будущего приложения для его утверждения.

Формальный язык декорирования CSS служит для стилизации интерфейса и создания

дизайна, соответствующего требованиям заказчика. Использование CSS обеспечит гибкость в настройке цветовой схемы и стилей элементов.

Язык программирования JavaScript выбран для реализации интерактивных элементов интерфейса. Благодаря своей универсальности язык предоставляет возможности для асинхронного взаимодействия с сервером через AJAX, что улучшает производительность веб-приложения.

Интерпретируемый язык серверного программирования PHP 7.3 – версия серверной части, включенная в базовый комплект поставки операционной системы Astra Linux 1.7, имеет цифровую подпись и разрешена к использованию в войсках национальной гвардии.

Библиотека jQuery – это быстрая, компактная, многофункциональная кросс-браузерная библиотека JavaScript, предназначенная для упрощения работы с HTML-документами, обработкой событий, анимациями и AJAX-запросами.

Библиотека DataTables.js, имеющая открытый исходный код, служит для отображения табличных данных и позволяет сортировать, фильтровать, искать данные в реальном времени, интегрировать таблицы с серверной частью через AJAX и обеспечить адаптацию интерфейса к большому объему данных.

Библиотека FullCalendar.js – это мощная JavaScript-библиотека для работы с календарями и событиями, имеющая поддержку интеграции с API и базами данных, а также легко ка-



Рис. 2. Концептуальная схема базы данных «КИД»

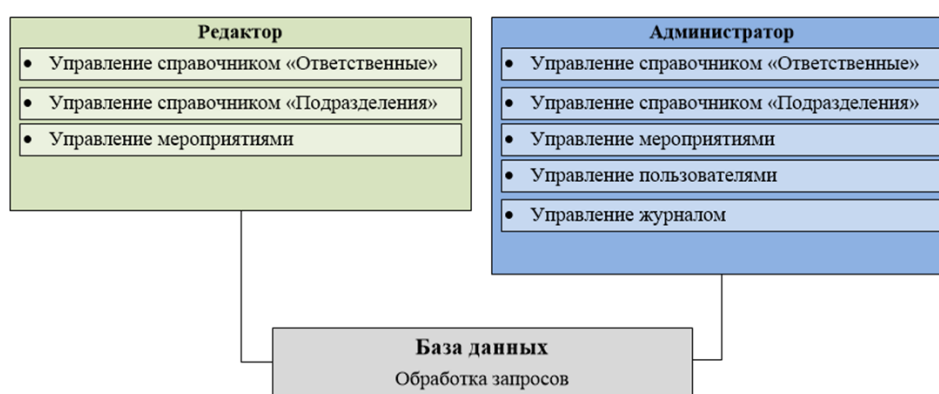


Рис. 3. Диаграмма классов «КИД»

стомизируется.

Такой стек технологий обеспечивает баланс между производительностью, удобством использования и перспективами дальнейшего развития.

В соответствии с требованиями заказчика было составлено описание необходимого функционала веб-приложения «Контроль исполнительской деятельности».

В системе должен присутствовать поиск данных в разделах «Мероприятия», «Ответственные», «Подразделение», «Пользователи» и «Журнал».

Фильтрация данных в разделе «Мероприятия» должна осуществляться по контрольной дате, от прошедшей к будущей, в других разделах – по алфавиту.

В разделе «Мероприятия» необходимо добавить возможность скрытия и отображения уже завершенных мероприятий (рис. 1).

Работа веб-приложения «Контроль исполнительской деятельности» предполагает тесную интеграцию серверной и клиентской части, что

обеспечивает взаимодействие между пользователем и базой данных в режиме реального времени.

Этот этап направлен на объединение фронтенд-компонентов с серверными модулями на языке программирования *PHP*, взаимодействующими с реляционной базой данных «*kid*» на базе СУБД *PostgreSQL 11*.

В процессе разработки была спроектирована концептуальная схема базы данных, включающая несколько ключевых сущностей, отображающих важнейшие аспекты функционирования системы (рис. 2).

Важно продумать правила разграничений прав доступа для пользователей с ролью «Редактор» и «Администратор», а также порядок страниц, чтобы пользователю было понятно, с каким разделом он работает и какие действия в данном разделе ему доступны.

В связи с этим разработаны: диаграмма классов «КИД» (рис. 3), диаграмма компонентов «КИД» (рис. 4) и диаграмма состояний «КИД» (рис. 5).

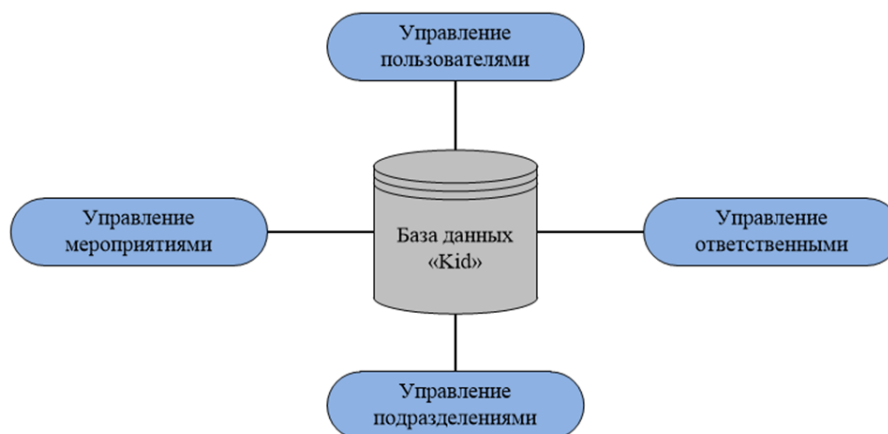


Рис. 4. Диаграмма компонентов «КИД»

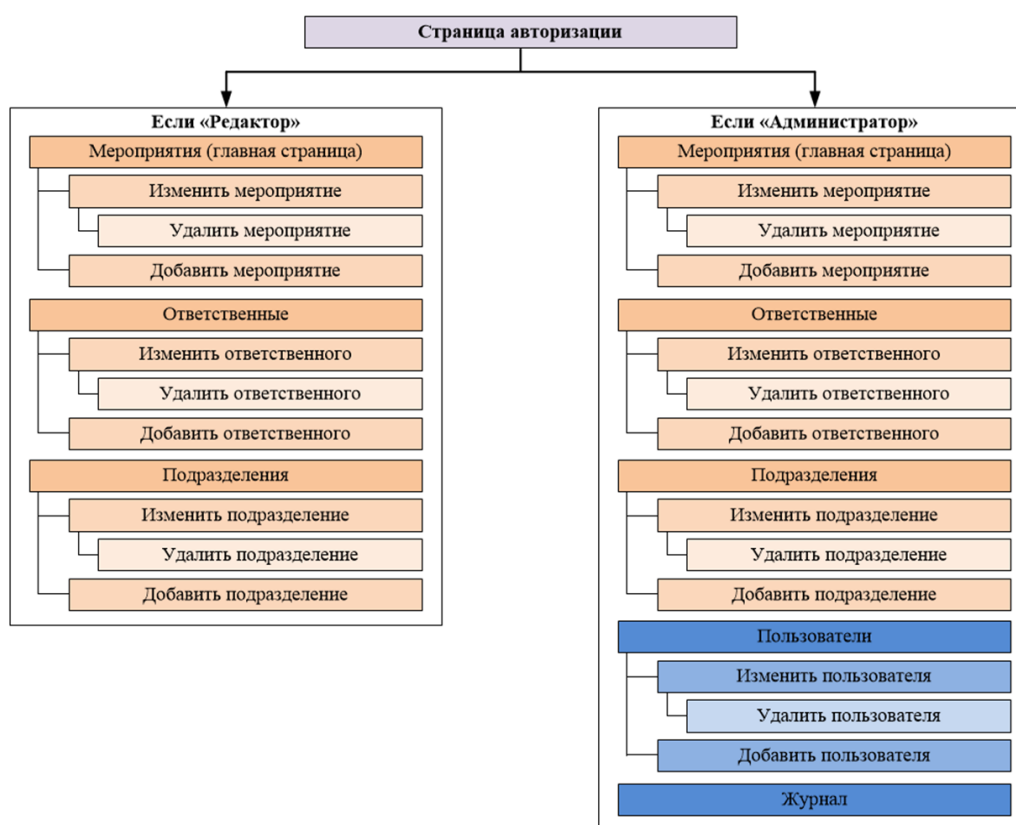


Рис. 5. Диаграмма состояний «КИД»

Обсуждение результатов

После завершения разработки веб-приложения «КИД» для его функционирования были развернуты 2 сервера на базе ОС *Astra Linux* 1.7.4, один из которых выполняет функцию веб-сервера, а второй является сервером

базы данных.

Для оценки качества работоспособности веб-приложения и его технических средств был разработан алгоритм тестирования для программного обеспечения «*JMeter*» от компании *Apache*, имитирующий до 500 одновременных подключений к веб-серверу.

После проведения *unit*-тестов веб-приложение «КИД» введено в опытную эксплуатацию летом 2024 г. на базе управления СибО, были проведены инструктажи и обучение опытной группы.

В процессе опытной эксплуатации пользователями была дана высокая оценка веб-приложению «КИД», а замечания касались только дизайнерских решений.

Заключение

В декабре 2024 г. веб-приложение «КИД» введено в эксплуатацию на базе управления СибО ВНГ РФ и функционирует в штатном режиме. Помимо этого следует отметить, что веб-приложение «КИД» также введено в эксплуатацию в Управлении Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации (**УФС ВНГ РФ**) по Амурской области, г. Благо-

вещенск; УФС ВНГ РФ по Приморскому краю, г. Владивосток; УФС ВНГ РФ по Новосибирской области, г. Новосибирск; Главном управлении охраны объектов Росгвардии, г. Москва, а также проходит этап опытной эксплуатации в УФС ВНГ РФ по Красноярскому краю, Главном УФС ВНГ РФ по Донецкой народной республике, Управлении ФС ВНГ РФ по Южно-Сахалинску.

Проектирование архитектуры с учетом принципов модульности и масштабируемости обеспечивает высокую гибкость решений, что позволяет легко интегрировать новые механизмы, расширять функциональные возможности и адаптировать системы к меняющимся требованиям. Тщательная работа по объединению клиентской и серверной части, эффективная организация взаимодействия с базой данных позволили создать систему, способную справляться с высокими нагрузками.

Литература

1. Астапчук, В.А. Корпоративные информационные системы: требования при проектировании : учеб. пособие 3-е изд., пер. и доп. / В.А. Астапчук, П.В. Терещенко. – М. : Юрайт, 2024. – 175 с.
2. Ашимов, Д.Ж. Развертывание информационно-справочного портала организации на отечественном программном обеспечении / Д.Ж. Ашимов, Н.Б. Тесля // Повышение качества жизни и обеспечение конкурентоспособности экономики на основе инновационных и научно-технических разработок : сборник статей VII Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2024», Минск, 3–5 декабря 2024 г. : в 3 томах. Том 1 / Белорусский государственный технологический университет, Представительство Россотрудничества в Республике Беларусь «Русский дом». – Минск : БГТУ, 2024 – С. 124–129.
3. Ашимов, Д.Ж. Применение информационных технологий для контроля исполнительской деятельности в государственном учреждении / Д.Ж. Ашимов, Н.Б. Тесля // Экономика XXI века : сборник материалов IV Международной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации, Новосибирск, 12–13 декабря 2024 г. Ч. 2 / [под ред. О.А. Чистяковой]; АНОО ВО Центросоюза РФ «СибУПК». – Новосибирск, 2024 – С. 153–159.
4. Гурьянов, Д.А. Методологии разработки программного обеспечения: анализ и классификация / Д.А. Гурьянов, Г.И. Афанасьев, А.Г. Афанасьев // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 6(177). – С. 12–26.
5. Контроль исполнения поручений + Документооборот – ООО «Пульс-Про» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://puls-pro.ru/programms/62-kontrol-ispolneniya-poruchenij.html>.
6. Контроль исполнения поручений WORKFLOW «Мотив» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.motiw.ru/kip>.
7. ПланФикс – Система управления компанией нового поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://planfix.ru>.
8. Система электронного документооборота GosSED [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rtk-cd.ru>.
9. GitHub – MyCollab/Mycollab: An open source, free, high performance, stable [Electronic resource]. – Access mode : <https://github.com/MyCollab/mycollab>.
10. INOUT Проект [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://inoutproject.ru/project>.

References

1. Astapchuk, V.A. Korporativnye informatsionnye sistemy: trebovaniya pri proektirovanii : ucheb. posobie 3-e izd., per. i dop. / V.A. Astapchuk, P.V. Tereshchenko. – M. : YUrajt, 2024. – 175 s.
2. Ashimov, D.ZH. Razvertyvanie informatsionno-spravochnogo portala organizatsii na otechestvennom programmnom obespechenii / D.ZH. Ashimov, N.B. Teslya // Povyshenie kachestva zhizni i obespechenie konkurentosposobnosti ekonomiki na osnove innovatsionnykh i nauchno-tekhnicheskikh razrabotok : sbornik statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Minskie nauchnye chteniya-2024», Minsk, 3–5 dekabrya 2024 g. : v 3 tomakh. Tom 1 / Belorusskij gosudarstvennij tekhnologicheskij universitet, Predstavitelstvo Rossotrudnichestva v Respublike Belarus «Russkij dom». – Minsk : BGTU, 2024 – S. 124–129.
3. Ashimov, D.ZH. Primenenie informatsionnykh tekhnologij dlya kontrolya ispolnitelskoj deyatel'nosti v gosudarstvennom uchrezhdenii / D.ZH. Ashimov, N.B. Teslya // Ekonomika XXI veka : sbornik materialov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh Desyatilet'iya nauki i tekhnologij v Rossijskoj Federatsii, Novosibirsk, 12–13 dekabrya 2024 g. CH. 2 / [pod red. O.A. CHistyakovoj]; ANOO VO TSentrosoyuza RF «SibUPK». – Novosibirsk, 2024 – S. 153–159.
4. Guryanov, D.A. Metodologii razrabotki programmnoho obespecheniya: analiz i klassifikatsiya / D.A. Guryanov, G.I. Afanasev, A.G. Afanasev // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 6(177). – S. 12–26.
5. Kontrol ispolneniya poruchenij + Dokumentooborot – OOO «Puls-Pro» [Electronic resource]. – Access mode : <https://puls-pro.ru/programms/62-kontrol-ispolneniya-poruchenij.html>.
6. Kontrol ispolneniya poruchenij WORKFLOW «Motiv» [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.motiv.ru/kip>.
7. PlanFiks – Sistema upravleniya kompaniej novogo pokoleniya [Electronic resource]. – Access mode : <https://planfix.ru>.
8. Sistema elektronnoho dokumentooborota GosSED [Electronic resource]. – Access mode : <https://rtk-cd.ru>.
10. INOUT Proekt [Electronic resource]. – Access mode : <https://inoutproject.ru/project>.

© Д.Ж. АШИМОВ, Н.Б. ТЕСЛЯ, И.Д. КОЛДУНОВА, 2026

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПОЗИЦИОННО-ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

М.И. БЕСХМЕЛЬНОВ

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: БПЛА; планирование траектории; роевой интеллект; гибридный алгоритм; неопределенность; численное моделирование; ситуационное планирование.

Аннотация: В статье представлены результаты разработки и экспериментальной апробации программного модуля управления БПЛА в виде веб-приложения с 3D-визуализацией и телеметрией. Целью исследования является повышение эффективности управления БПЛА и построения траекторий в условиях неопределенности среды. Для ее достижения выдвинута гипотеза, где гибридный роевой планировщик с динамической коррекцией обеспечит преимущество перед известными методами. Проверка гипотезы потребовала решения задач: разработка алгоритмов, их программная реализация, моделирование в *Unity* и *AirSim* на трех сценах с препятствиями и 2D-бенчмарках, сравнительный анализ с 12 методами. Методы включали экспериментальную апробацию и оценку по четырем критериям: безопасность, длина траектории, время выполнения и успешность миссии.

Результаты подтвердили эффективность подхода: улучшение интегрального показателя качества на 10–26 %; описана архитектура модуля с 3D-визуализацией и телеметрией реального времени. Разработанный программный модуль обладает модульной архитектурой, что обеспечивает возможность его адаптации под различные типы БПЛА и сценарии применения. Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований в области внедрения разработанных алгоритмов в реальные системы управления беспилотными аппаратами.

Актуальность автономной навигации БПЛА обусловлена расширением сфер применения, однако ключевой проблемой остается безопасность полетов в условиях неопределенности и динамических препятствий. Традиционные методы (A^* , APF) часто неэффективны из-за вычислительной сложности и локальных минимумов [1]. Для планирования в условиях частичной неопределенности предложен гибридный подход (волновой и муравьиный алгоритм), сочетающий глобальную оптимальность и локальную коррекцию. Волновой метод формирует поле достижимости [2], а муравьиный алгоритм обеспечивает адаптацию в реальном времени. Процесс построения траектории включает генерацию зоны видимости, обнаружение препятствий, коррекцию графа и поиск пути с учетом весовых коэффициентов рисков.

Оценка эффективности проводится по многокритериальной модели: безопасность, длина траектории, время выполнения и успешность миссии (вес 0,4–0,5). Верификация выполнена в симуляторах (*AirSim*, *Unity*), что обеспечило воспроизводимость результатов [3].

Для оценки качества системы управления в условиях, приближенных к реальным, были использованы три тестовые сцены различной сложности [4]. Габариты препятствий и параметры их движения являлись неизвестными для бортового оборудования на момент начала планирования (рис. 1).

– Сцена 1: Куб размером $10 \times 10 \times 10$ м с шарообразными движущимися препятствиями. Начальная точка [18,5; 17,5], конечная точка [8; 8].

– Сцена 2: Куб размером $10 \times 10 \times 10$ м с

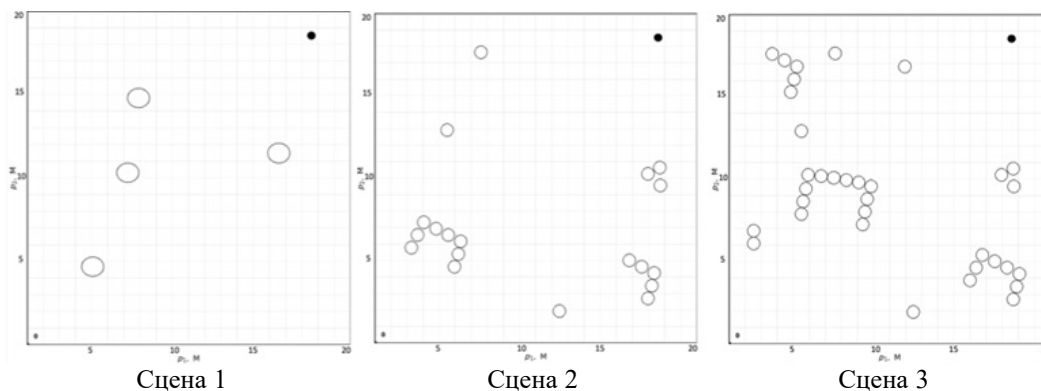


Рис. 1. Плоская структурированная среда с препятствиями

Таблица 1. Значения критериев оценки качества разработанного гибридного планировщика (3D-сцены)

Критерий сравнения	Сцена 1	Сцена 2	Сцена 3
Усредненный показатель безопасности	0,94	0,90	0,63
Усредненная длина траектории	16,94	19,61	12,83
Усредненное время выполнения	17,91	22,16	19,89
Количество успешных экспериментов	65	57	23

вертикально ориентированными цилиндрами, перемещающимися в плоскости пола. При столкновении вектор скорости препятствий инвертируется. Начальная точка [18,5; 17,5], конечная точка [1; 6].

– Сцена 3: Прямоугольный параллелепипед $10 \times 3,5 \times 10$ м. Содержит 11 подвижных препятствий (стены и цилиндры), двигающихся в плоскостях пола и потолка, а также одно неподвижное препятствие. Начальная точка [18,5; 17,5], конечная точка [1; 9].

Результаты моделирования перемещения подвижного объекта (ПО) с гибридным роевым планировщиком показали способность алгоритма успешно находить пути во всех сценах. Усредненные значения критериев оценки качества представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 выявляет снижение показателя безопасности и количества успешных экспериментов на Сцене 3, что обусловлено высокой плотностью препятствий и ограниченным пространством (высота 3,5 м). Тем не менее алгоритм демонстрирует работоспособность даже в стесненных условиях.

Для оценки гибридного алгоритма использованы 3D-бенчмарки (*Aerial3D*), тесты *Moving*

AI Lab и синтезированные примеры (метод *CEKU*). Сравнение проведено с 12 методами: потенциальные поля, диаграммы Вороного, генетические алгоритмы [5], нечеткие системы и нейросетевые подходы. Результаты (табл. 2) представлены в нормированном виде, усредненные значения по тестовым сценам в 2D- и 3D-конфигурациях.

Разработанный гибридный алгоритм показывает конкурентоспособные результаты: время выполнения 0,011, успешность миссии 100 % при меньшей вычислительной сложности. По интегральному критерию он превосходит аналоги на 10–26 %, по успешности – на 26 % относительно классических реактивных методов. Методы потенциальных полей нестабильны из-за чувствительности к настройкам, нейросетевые подходы требуют значительных ресурсов [6]. Алгоритм верифицирован на шести 2D-сценариях (25×25) с различными препятствиями (одиночные, L- и U-образные), маршрут: (0; 0) → (20; 20). Результаты (табл. 3) подтверждают устойчивость и эффективность подхода на структурированных картах.

Анализ табл. 3 подтверждает 100 % успешность миссий во всех конфигурациях; рост

Таблица 2. Сравнительный анализ методов планирования (нормированные значения)

Методы	Безопасность	Длина траектории	Время выполнения	Успешность миссии
Метод потенциальных полей (усредненный)	0,37	0,025	0,019	0,67
Метод диаграмм Вороного	0,44	0,020	0,017	0,60
Генетический поиск с картографией	0,57	0,031	0,024	1,00
Нейросетевой гибридный метод	0,08	0,032	0,038	1,00
Комбинированный метод (неустойчивые режимы)	0,84	0,026	0,017	1,00
Разработанный гибридный алгоритм	0,36	0,020	0,011	1,00

Таблица 3. Результаты работы гибридного алгоритма для сцен 1–6

Показатель	Сцена 1	Сцена 2	Сцена 3	Сцена 4	Сцена 5	Сцена 6
Безопасность, м	0,05	0,12	0,05	0,05	0,04	0,05
Длина траектории, м	28,69	28,35	28,85	34,21	45,00	34,83
Время поиска, с	12,83	12,53	11,73	14,44	22,45	16,94
Количество итераций	41	39	36	52	76	53
Успех миссии	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

длины траектории и времени поиска на сценах 5–6 обусловлен сложностью препятствий. Минимальное расстояние до препятствий (0,04–0,12 м) допустимо для моделирования [7], но требует учета габаритов аппарата при переходе к физическим испытаниям. Экспериментальная временная сложность алгоритма оценена как $O(n^2)$ [8], что на порядок эффективнее аналогов ($O(n^2)$ – $O(n^3)$) в задачах динамического перепланирования [8–9]. На основе разработанных алгоритмов создан программный модуль управления БПЛА в виде веб-приложения с 3D-визуализацией на базе *Three.js* и многофункциональной панелью управления, включающей ключевые функциональные секции.

1. Телеметрия в реальном времени: отображение координат, высоты, скорости, курса, вертикальной скорости, времени полета, остатка заряда и расстояния до цели.

2. Управление полетом: запуск/пауза миссии, ручное управление, аварийный возврат, коррекция траектории.

3. Управление данными: загрузка/выгрузка данных миссии, поддержка протоколов связи.

4. Протоколы безопасности: автоматическое предотвращение столкновений, резервиро-

вание систем, автоматическая диагностика.

5. Журнал событий: хронологическая запись системных сообщений (старт, остановка, угрозы, коррекции).

Модуль функционирует по циклу: сбор данных, анализ, принятие решений, выполнение, оценка и корректировка. Реализованы динамические элементы: цветовая индикация фаз полета, подсветка препятствий при приближении, полупрозрачные зоны неопределенности вокруг движущихся объектов. Система протестирована в симулированной среде и готова к промышленной интеграции (рис. 2).

Исследования подтвердили эффективность гибридного алгоритма (волновой + муравьиный) для навигации БПЛА: он избегает локальных минимумов, экономичнее генетических методов и обеспечивает улучшение интегрального показателя качества на 10–26 % [10]. Подход масштабируем на 2D/3D, однако в динамических средах растет вычислительная нагрузка; требуется валидация на физических прототипах. В ходе экспериментальной апробации подтверждена эффективность гибридного роевого планировщика: на шести тестовых сценах он показал преимущество на 10–26 %

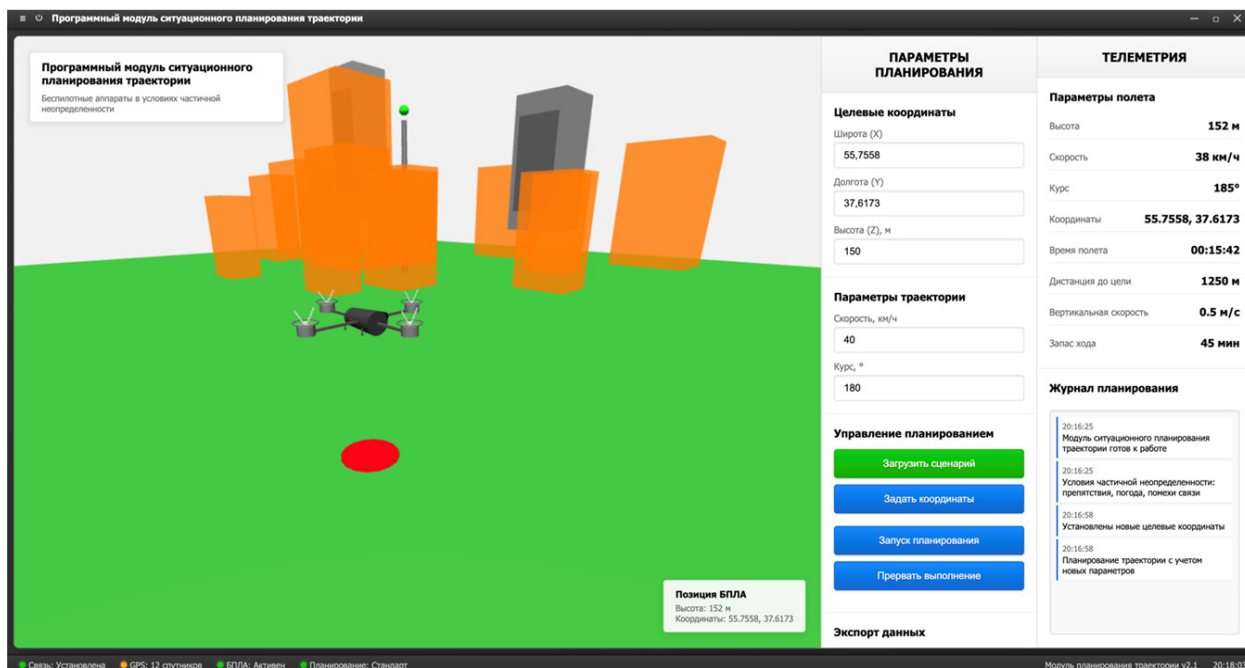


Рис. 2. Интерфейс модуля ситуационного планирования траектории

по интегральному критерию при 100 % успешности миссий в детерминированных условиях и на 15–20 % меньшее время вычислений по сравнению с чисто роевыми методами при сопоставимых показателях безопасности и длины траектории. Разработан и протестирован программный модуль управления с телеметрией в реальном времени, управлением полетом и данными, протоколами безопасности и журналированием событий; модуль прошел тестирование в симулированной среде и готов к интеграции в промышленные системы управления БПЛА.

Развитие представленных результатов перспективно в условиях моделирования траектории трехмерных динамических сред.

Повышение размерности пространства требует учета дополнительных ограничений на режимы функционирования ПО и усложняет алгоритмы интеллектуального планирования и управления.

Дальнейшие исследования предполагают перенос алгоритмов на аппаратные платформы и учет аэродинамических ограничений в реальном времени.

Литература

1. Орлов, Д.А. Методический подход к решению проблемы автономного парирования нештатных ситуаций при управлении космическим аппаратом / Д.А. Орлов, С.А. Купреев, О.Е. Самусенко, В.М. Мельников, И.В. Буркова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – Т. 24. – № 1. – С. 17–29. – DOI: 10.22363/2312-8143-2023-24-1-17-29. – EDN FERBGZ.
2. Борисов, А.С. Алгоритмы маршрутизации БПЛА в городской среде: современное состояние и перспективы / А.С. Борисов, Н.Ф. Богаченко // Математические структуры и моделирование. 2025. – № 4(76). – С. 95–108.
3. Гурбанов, Ы. Дрон-технологии в строительстве: применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и инспекции / Ы. Гурбанов, М. Дурдымырадов, Г. Бегназаров // Вестник науки. – 2024. – № 10(79). – С. 606–609.
4. Даринцев, О.В. Распределенная система управления группами мобильных роботов / О.В. Даринцев, А.Б. Мигранов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 2(76). – С. 88–94.

5. Ерицов, А.М. Совершенствование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения и мониторинга лесных пожаров / А.М. Ерицов, И.М. Секерин, С.В. Залесов // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2024. – № 5 (143). – С. 78–91.
6. Иванов, М.С. Повышение устойчивости автоматизированной системы управления комплекса с беспилотными летательными аппаратами в условиях воздействия средств физического поражения и радиоэлектронного подавления / М.С. Иванов, И.Е. Афонин, С.И. Макаренко // *Системы управления, связи и безопасности*. – 2022. – № 2. – С. 92–134. – DOI: 10.24412/2410-9916-2022-2-92-134.
7. Макаров, Н.Н. Оптимальное управление стандом «квадрокоптер» с использованием цифрового скользящего режима / Н.Н. Макаров, Е.В. Плыкина // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 59–65. – EDN ECDPIM.
8. Куклев, И.А. Синтезированная многомодальная система обнаружения группы БПЛА: теоретическое обоснование и практическая реализация / И.А. Куклев // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 54–58. – EDN DPTNEO.
9. Ван, Ч. Исследование технологии многоагентной совместной навигации / Ч. Ван, К.А. Невусьпин // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 4(187). – С. 36–40. – EDN DKKPF1.
10. Свидетельство о гос. регистрации ПО № 2026612761 «Программный модуль ситуационного планирования траектории в условиях частичной неопределенности беспилотных аппаратов» / М.И. Бесхмельнов, 2026.

References

1. Orlov, D.A. Metodicheskiy podkhod k resheniyu problemy avtonomnogo parirovaniya neshtatnykh situatsiy pri upravlenii kosmicheskim apparatom / D.A. Orlov, S.A. Kupreev, O.E. Samusenko, V.M. Melnikov, I.V. Burkova // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. – 2023. – Т. 24. – № 1. – С. 17–29. – DOI: 10.22363/2312-8143-2023-24-1-17-29. – EDN FERBGZ.
2. Borisov, A.S. Algoritmy marshrutizatsii BPLA v gorodskoj srede: sovremennoe sostoyanie i perspektivy / A.S. Borisov, N.F. Bogachenko // *Matematicheskie struktury i modelirovanie*. 2025. – № 4(76). – С. 95–108.
3. Gurbanov, Y. Dron-tehnologii v stroitelstve: primeneniye bespilotnykh letatelnykh apparatov dlya monitoringa i inspektsii / Y. Gurbanov, M. Durdymyradov, G. Begnazarov // *Vestnik nauki*. – 2024. – № 10(79). – С. 606–609.
4. Darintsev, O.V. Raspredeleonnaya sistema upravleniya gruppami mobilnykh robotov / O.V. Darintsev, A.B. Migranov // *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta*. – 2017. – Т. 21. – № 2(76). – С. 88–94.
5. Eritsov, A.M. Sovershenstvovanie bespilotnykh letatelnykh apparatov dlya obnaruzheniya i monitoringa lesnykh pozharov / A.M. Eritsov, I.M. Sekerin, S.V. Zalesov // *Mezhdunarodnij nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. – 2024. – № 5 (143). – С. 78–91.
6. Ivanov, M.S. Povysheniye ustojchivosti avtomatizirovannoj sistemy upravleniya kompleksa s bespilotnymi letatelnyimi apparatami v usloviyakh vozdeystviya sredstv fizicheskogo porazheniya i radioelektronnogo podavleniya / M.S. Ivanov, I.E. Afonin, S.I. Makarenko // *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti*. – 2022. – № 2. – С. 92–134. – DOI: 10.24412/2410-9916-2022-2-92-134.
7. Makarov, N.N. Optimalnoe upravlenie stendom «kvadrokopter» s ispolzovaniem tsifrovogo skolzyashchego rezhima / N.N. Makarov, E.V. Plykina // *Perspektivy nauki*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 59–65. – EDN ECDPIM.
8. Kuklev, I.A. Sintezirovannaya mnogomodalnaya sistema obnaruzheniya gruppy BPLA: teoreticheskoe obosnovanie i prakticheskaya realizatsiya / I.A. Kuklev // *Perspektivy nauki*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 54–58. – EDN DPTNEO.
9. Van, CH. Issledovanie tekhnologii mnogoagentnoj sovmestnoj navigatsii / CH. Van, K.A. Neusyпин // *Perspektivy nauki*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 4(187). – С. 36–40. – EDN DKKPF1.

10. Svidetelstvo o gos. registratsii PO № 2026612761 «Programmij modul situatsionnogo planirovaniya traektorii v usloviyakh chastichnoj neopredelennosti bespilotnykh apparatov» / M.I. Beskhmel'nov, 2026.

© М.И. Бесхмельнов, 2026

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

ВУ ЧИ ЧИЕН, НГУЕН МИНЬ ТЫОНГ

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: интеллектуальный датчик давления; динамическая погрешность; компенсация; алгоритм; нейросетевая модель; идентификация; обратная динамическая модель.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена возрастающими требованиями к точности и быстродействию интеллектуальных датчиков давления в системах автоматического управления технологическими процессами, где динамическая погрешность становится критически значимым фактором. Существующие методы компенсации, основанные на линейных моделях, часто оказываются неадекватными для сложных нелинейных и температурно-зависимых динамических характеристик первичных преобразователей. Целью работы является разработка и исследование алгоритма компенсации динамической погрешности, ядром которого выступает искусственная нейронная сеть прямого распространения. В рамках исследования применялись методы идентификации динамических систем, теория искусственных нейронных сетей, а также статистические методы оценки точности. Основным результатом является синтезированный адаптивный алгоритм, в котором нейросетевая модель, обученная на экспериментальных данных, реализует обратную динамическую модель чувствительного элемента. Ключевым выводом является положение о том, что предложенный подход позволяет существенно подавить динамическую погрешность в рабочем диапазоне частот и при изменяющихся внешних условиях, что подтверждается результатами численного моделирования, показавшими снижение среднеквадратической ошибки выходного сигнала на 68–72 % по сравнению с датчиком без компенсации. Практическая значимость алгоритма заключается в возможности его программной реализации в микроконтроллере интеллектуального датчика, что повышает метрологические характеристики без изменения конструкции первичного преобразователя.

Современные высокотехнологичные системы управления предъявляют высокие требования к скорости и точности измерений давления. Ключевую роль в них играют интеллектуальные датчики [5, с. 88], чью высокую статическую точность снижает динамическая погрешность, вызванная инерционностью чувствительного элемента и зависящая от частоты, температуры и других факторов [1, с. 45].

Традиционные методы компенсации на основе линеаризованных моделей часто неэффективны из-за существенной нелинейности объекта [11, с. 5]. Это создает потребность в адаптивных алгоритмах. Перспективным на-

правлением является использование искусственных нейронных сетей (ИНС) как универсальных аппроксиматоров нелинейных функций [2, с. 112], способных реализовать обратную динамическую модель датчика [8, с. 107].

Целью данной работы является синтез и оценка эффективности алгоритма компенсации динамической погрешности датчика давления на основе нейросетевой модели.

В основе методологии лежит системный подход к динамической коррекции измерительного канала на модели типового датчика давления. Динамика его первичного преобразователя

описывалась нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка с температурно-зависимыми параметрами [3, с. 23].

Идентификация характеристик проводилась методом активного эксперимента с использованием калиброванных ступенчатых и полигармонических сигналов [7, с. 47]. На основе полученных данных обучалась многослойная сеть прямого распространения, архитектура которой была выбрана для построения обратной динамической модели. Входной вектор включал текущие и предыдущие отсчеты выходного сигнала датчика, а также данные о температуре для адаптации к изменению параметров [4, с. 78]. Обучение проводилось методом обратного распространения ошибки с алгоритмом *Adam* [16, с. 150].

Эффективность алгоритма оценивалась путем численного моделирования в *MATLAB Simulink*. Критериями эффективности служили снижение среднеквадратической и максимальной динамической погрешностей [14, с. 34].

Разработан алгоритм компенсации динамической погрешности на основе инверсного нейросетевого моделирования. Обученная сеть с архитектурой 10-15-1 (10 входов, 15 нейронов в скрытом слое) с учетом данных о температуре достигла требуемой точности за 3000 эпох [5, с. 91].

Моделирование подтвердило высокую эффективность метода. При тестировании в диапазоне 0–200 Гц среднеквадратическая ошибка снизилась на 68 % (+20 °C) и 72 % (+80 °C), а максимальная динамическая погрешность сократилась более чем в 3 раза. Вычислительная сложность сети позволяет реализовать ее на микроконтроллерах *ARM Cortex-M* [15, с. 215].

Нейросетевой подход превосходит классические фильтровые методы, точнее аппроксимируя обратную динамику нелинейного преобразователя [6, с. 185]. Проблема возможного усиления шумов инверсной моделью [9, с. 70] смягчена за счет использования временного окна входных данных, что придало алгоритму свойства сглаживающего фильтра [12, с. 117]. Для дальнейшего повышения устойчивости целесообразна предварительная низкочастотная фильтрация сигнала.

Нейросетевая модель доказала свою высокую эффективность в качестве основы алгоритма компенсации динамической погрешности

интеллектуального датчика давления, обеспечив снижение среднеквадратической ошибки на 68–72 % [2, с. 450; 6, с. 185]. Ключевым преимуществом стал подход, при котором архитектура сети с временным окном и данными о температуре реализует нелинейный адаптивный фильтр, учитывающий температурную зависимость параметров [3, с. 26; 5, с. 91]. Алгоритм устойчив к шумам измерения, поскольку использование последовательности отсчетов придает модели свойства сглаживающего фильтра [12, с. 117]. Для промышленного внедрения возможен гибридный подход: предварительная фильтрация для подавления внеполосных шумов с последующей нейросетевой компенсацией.

В отличие от традиционных КИХ-/БИХ-фильтров, нейросеть способна компенсировать нелинейную инерционность в широком диапазоне условий, что подтверждается трехкратным снижением максимальной динамической погрешности [11, с. 10].

Выбранная архитектура сети (10-15-1) обладает умеренной сложностью и может быть эффективно реализована на современных микроконтроллерах [15, с. 215], соответствуя требованиям к встроенному ПО [13].

Ограничением исследования является проведение моделирования на синтезированных данных. Для окончательного подтверждения необходимы испытания с эталонным генератором давления. Также перспективным направлением является разработка механизмов онлайн-адаптации модели для учета долговременного дрейфа характеристик [10, с. 175].

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенный алгоритм может быть реализован программно в существующих аппаратных платформах интеллектуальных датчиков, приводя к существенному повышению их динамической точности без дорогостоящих изменений в конструкции [10, с. 55]. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: разработка методики онлайн-дообучения нейросетевой модели непосредственно в составе датчика для учета его старения, а также интеграция алгоритма динамической компенсации с алгоритмами температурной и нелинейной статической коррекции в единую адаптивную систему обработки сигнала [5, с. 94; 13].

Литература

1. Овечкин, Г.И. Динамические погрешности измерительных устройств : монография / Г.И. Овечкин, В.В. Соловьев. – М. : Энергоатомиздат, 2019. – 184 с.
2. Жуков, В.П. Моделирование динамических характеристик кремниевых преобразователей давления / В.П. Жуков, А.Б. Митрофанов // Датчики и системы. – 2022. – № 5. – С. 22–28.
3. Горбань, А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере : монография / А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. – Новосибирск : Наука, 2020. – 276 с.
4. Кучерявый, А.Е. Интеллектуальные датчики: методы и алгоритмы обработки информации / А.Е. Кучерявый // Измерительная техника. – 2023. – № 4. – С. 88–94.
5. Смирнов, Н.И. Компенсация методических погрешностей средств измерений с использованием искусственного интеллекта / Н.И. Смирнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – № 3(195). – С. 45–52.
6. Турута, Е.В. Синтез обратной динамической модели тензометрического датчика на основе рекуррентной нейронной сети / Е.В. Турута, А.С. Лебедев // Автометрия. – 2020. – Т. 56. – № 2. – С. 105–115.
7. Федоров, Р.К. Адаптивные алгоритмы цифровой коррекции амплитудно-фазовых искажений в интеллектуальных датчиках / Р.К. Федоров, Д.Ю. Анисимов // Информационно-управляющие системы. – 2022. – № 4. – С. 67–76.
8. Барский, Е.В. Нейросетевые модели и алгоритмы в задачах идентификации нестационарных объектов : монография / Е.В. Барский. – СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2019. – 198 с.
9. Дмитриев, А.Л. Метрологическое обеспечение динамических измерений: проблемы и решения / А.Л. Дмитриев, Л.Е. Карпов // Метрология. – 2020. – № 7. – С. 3–15.
10. Поляков, А.А. Применение методов машинного обучения для компенсации динамических погрешностей измерительных каналов / А.А. Поляков, Д.В. Кузнецов // Измерительная техника. – 2021. – № 9. – С. 17–24.

References

1. Ovechkin, G.I. Dinamicheskie pogreshnosti izmeritelnykh ustrojstv : monografiya / G.I. Ovechkin, V.V. Solovev. – M. : Energoatomizdat, 2019. – 184 s.
2. Zhukov, V.P. Modelirovanie dinamicheskikh kharakteristik kremnievykh preobrazovatelej davleniya / V.P. Zhukov, A.B. Mitrofanov // Datchiki i sistemy. – 2022. – № 5. – S. 22–28.
3. Gorban, A.N. Nejronnye seti na personalnom kompyutere : monografiya / A.N. Gorban, D.A. Rossiev. – Novosibirsk : Nauka, 2020. – 276 s.
4. Kucheryavij, A.E. Intellektualnye datchiki: metody i algoritmy obrabotki informatsii / A.E. Kucheryavij // Izmeritelnaya tekhnika. – 2023. – № 4. – S. 88–94.
5. Smirnov, N.I. Kompensatsiya metodicheskikh pogreshnostej sredstv izmerenij s ispolzovaniem iskusstvennogo intellekta / N.I. Smirnov // Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologij. – 2021. – № 3(195). – S. 45–52.
6. Turuta, E.V. Sintez obratnoj dinamicheskoy modeli tenzometriceskogo datchika na osnove rekurrentnoj nejronnoj seti / E.V. Turuta, A.S. Lebedev // Avtometriya. – 2020. – T. 56. – № 2. – S. 105–115.
7. Fedorov, R.K. Adaptivnye algoritmy tsifrovoj korrektsii amplitudno-fazovykh iskazhenij v intellektualnykh datchikakh / R.K. Fedorov, D.YU. Anisimov // Informatsionno-upravlyayushchie sistemy. – 2022. – № 4. – S. 67–76.
8. Barskij, E.V. Nejrossetevye modeli i algoritmy v zadachakh identifikatsii nestatsionarnykh obektov : monografiya / E.V. Barskij. – SPb. : Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2019. – 198 s.
9. Dmitriev, A.L. Metrologicheskoe obespechenie dinamicheskikh izmerenij: problemy i resheniya / A.L. Dmitriev, L.E. Karpov // Metrologiya. – 2020. – № 7. – S. 3–15.

10. Polyakov, A.A. Primenenie metodov mashinnogo obucheniya dlya kompensatsii dinamicheskikh pogreshnostej izmeritelnykh kanalov / A.A. Polyakov, D.V. Kuznetsov // *Izmeritelnaya tekhnika*. – 2021. – № 9. – S. 17–24.

© Ву Чи Чиен, Нгуен Минь Тьонг, 2026

ОТ WI-FI К ПСИХИЧЕСКОМУ ЗДОРОВЬЮ: СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕПРЕССИИ

Д.С. ЖЕРИБОРОВ, А.С. БУРНАСОВ

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург

Ключевые слова и фразы: Wi-Fi метаданные; депрессия; MobileWell400+; LDA; CatBoost; SMOTE.

Аннотация: Целью исследования являлась оценка потенциала Wi-Fi метаданных для выявления депрессии с использованием методов машинного обучения. В работе решалась задача бинарной классификации участников на основе данных датасета MobileWell400+. Гипотеза исследования заключалась в том, что паттерны Wi-Fi подключений отражают поведенческие изменения, ассоциированные с депрессией. Из логов подключений было извлечено 23 поведенческих признака для временных интервалов 7, 14 и 21 день. Для классификации применялись линейный дискриминантный анализ и градиентный бустинг CatBoost с балансировкой классов методом SMOTE, а также линейный дискриминантный анализ (LDA). Полученные результаты подтвердили наличие прогностического сигнала: оптимальное качество достигнуто на 7-дневном интервале (AUC-ROC 0,564 для CatBoost, полнота 0,524 для LDA). Наиболее информативными признаками оказались показатели регулярности поведения. Снижение качества моделей на более длинных интервалах указывает на чувствительность поведенческих маркеров. Исследование демонстрирует принципиальную возможность использования Wi-Fi метаданных для скрининга депрессии и их потенциал для систем поддержки принятия решений.

Использование моделей машинного обучения проникают в нашу жизнь повсеместно, но сами модели имеют ценность, когда они служат на благо в конкретной области. С помощью обученной модели программисты на их основе создают системы поддержки принятия решений (СППР). СППР не может заменить человека, но легко может оказать помощь и поддержку, даже в определении у человека депрессии. Важно отметить, что в настоящее время человек использует свой мобильный телефон, который осуществляет сбор метаданных о поведении владельца, данные о перемещении, времени использования и прочие показатели.

В современном мире каждый из нас окружен потоками различной информации, которая несет как положительные эмоции, так и отрицательные, что в итоге может привести к возникновению различных психологических заболеваний. Испанские исследователи провели

эксперимент и собрали датасет MobileWell400+ [1], который был выложен в открытый доступ. Данный шаг позволяет любому исследователю провести анализ и с помощью современных алгоритмов искусственного интеллекта предсказать наличие депрессии.

В указанном датасете собраны результаты наблюдательного исследования с участием 409 добровольцев. Указанный эксперимент, в рамках которого было проведено исследование, состоялся в 2023 г. В исследовании приняли участие люди в возрасте от 18 до 72 лет. Из всех участников (409) женщины составляют 54,0 % (221), мужчины 45,5 % (186) и 0,5 % (2 участника) не стали указывать свой пол. Добровольцы, принимавшие участие в исследовании, представляли 15 регионов Испании. В рамках эксперимента проводился сбор данных, которые непрерывно регистрировались: физическая активность, обнаруженные Wi-Fi сети,

тип подключения, освещенность, уровень шума и статус экрана.

Стоит отметить, что добровольцы дополнительно различны опросники, которые охватывали такие моменты: была ли сделана вакцинация от COVID, какую физическую активность предпочитаете, психологические тесты (*PANAS*, *PHQ-9*, *GAD-7*, *BRS*, *AAQ*) и др.

После загрузки данных была создана целевая переменная (*PHQ-9*), так как добровольцы заполняли соответствующий опросник. Данный опросник содержал 9 вопросов, ответы на которые оценивались по шкале от 0 до 3. Суммарный балл варьируется от 0 до 27, где более высокие значения указывают на более выраженную симптоматику.

Заметим, что средний балл *PHQ-9* равняется 6,64, что соответствует легкой депрессии. Для выделения клинически значимого уровня использовался порог ≥ 10 баллов, обладающий высокой чувствительностью и специфичностью для выявления большого депрессивного расстройства.

С применением данного критерия было идентифицировано 97 участников (23,7 %) с клинически значимой симптоматикой, которые составили группу с депрессией (целевая переменная = 1). Оставшиеся 312 участников (76,3 %) были отнесены к группе нормы (целевая переменная = 0). Выявленный дисбаланс классов впоследствии учитывался при обучении моделей с помощью метода *SMOTE* (*Synthetic Minority Over-sampling Technique*).

В нашем анализе использовалась бинарная классификация для определения депрессии с помощью двух алгоритмов машинного обучения через балансировку классов методом *SMOTE*.

Для построения классификационных моделей, решающих задачу бинарной классификации наличия депрессивной симптоматики, были применены два алгоритма машинного обучения с балансировкой классов методом *SMOTE*, которые находят широкое применение в исследованиях по цифровому фенотипированию [2].

Для анализа датасета были выбраны следующие алгоритмы:

– линейный дискриминантный анализ (*LDA*) представляет собой метод линейной классификации. *LDA* уже использовался в задачах цифрового фенотипирования, например, для классификации пациентов с депрессией и здорового контроля на основе поведенческих

паттернов, извлеченных из данных сенсоров смартфона [3]. По оценкам ученых *LDA* продемонстрировал удовлетворительную точность небольших выборках, как в нашем исследовании.

– градиентный бустинг *CatBoost* (*Categorical Boosting*) – это сложный ансамблевый метод, выстраивающий композиции из решающих деревьев. *CatBoost* имеет ряд важных преимуществ, например, он имеет устойчивость к переобучению, встроенные механизмы работы с пропущенными значениями и способность автоматически обрабатывать категориальные признаки без предварительного кодирования. *CatBoost* активно используется в психиатрических и поведенческих исследованиях. Например, алгоритм применялся для предсказания ранней депрессии на основе фенотипических данных, где он показал высокую прогностическую способность, выделяя такие ключевые факторы, как тревожное расстройство, эффективность сна и показатели психического здоровья [4]. Кроме того, *CatBoost* успешно использовался для предсказания выраженности тревожных симптомов у пациентов с социальным тревожным расстройством на основе мультимодальных физиологических и акустических данных [5], а также для выявления нарушений пищевого поведения с использованием поведенческих и психологических предикторов [6].

Для устранения дисбаланса классов, характерного для выборок с неравномерным распределением целевой переменной (в данном случае доля участников с депрессией составила 23,7 %), применялся метод синтетической аугментации миноритарного класса *SMOTE*.

Наилучший результат продемонстрировала модель *CatBoost* на интервале семи дней наблюдения ($AUC = 0,564$). *LDA* в тот же период показал примерно одинаковый результат ($AUC = 0,557$).

При рассмотрении данных за 14 дней наблюдалось снижение качества обеих моделей, причем *CatBoost* показал резкое падение ($AUC = 0,326$), тогда как *LDA* сохранил умеренную предсказательную способность ($AUC = 0,481$). На 21-дневном интервале *LDA* стабилизировался ($AUC = 0,495$), в то время как *CatBoost* продемонстрировал частичное восстановление ($AUC = 0,427$).

Описанные данные представлены на рис. 1. В данном исследовании была проведена

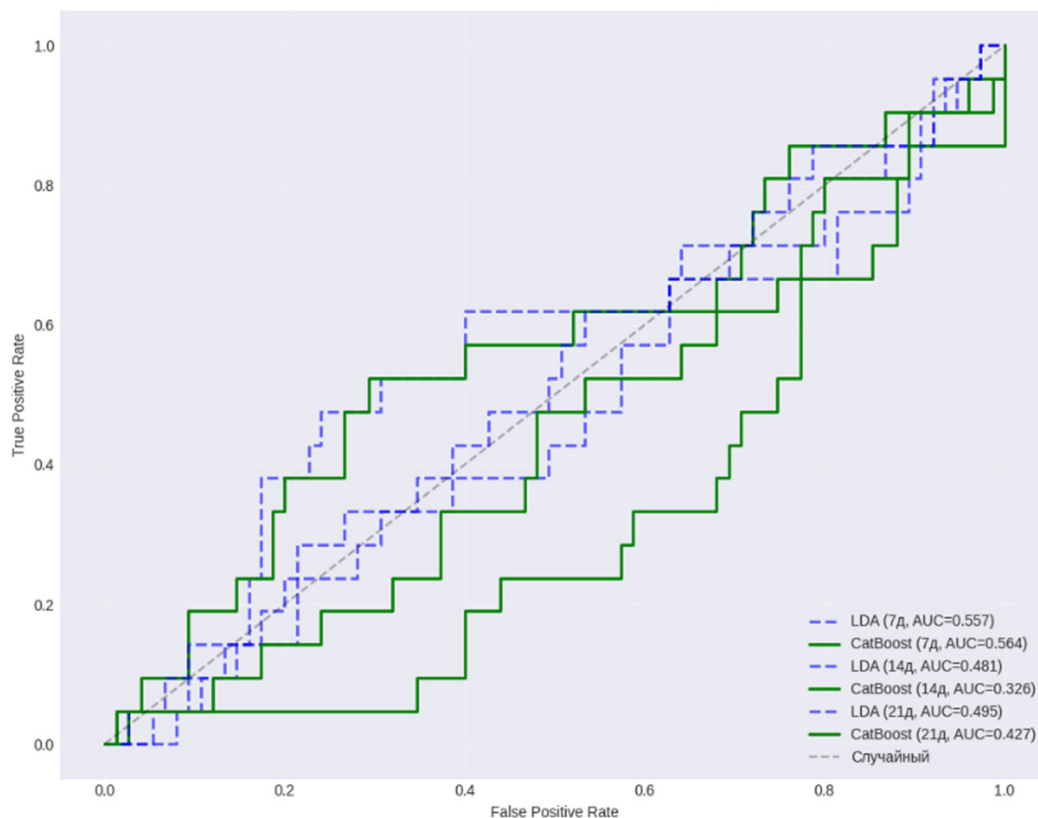


Рис. 1. Roc-кривые для моделей классификации (с балансировкой)

оценка потенциала *Wi-Fi* метаданных для выявления депрессии на основе данных датасета *MobileWell400+*. Из логов *Wi-Fi* подключений было извлечено 23 поведенческих признака для трех временных интервалов (7, 14 и 21 день).

Наилучшие результаты были продемонстрированы моделями, обученными на данных 7-дневного интервала наблюдения. Линейный дискриминантный анализ показал умеренные, но устойчивые результаты с *F1*-мерой 0,361 и значением *AUC-ROC* 0,557. В свою очередь, ансамблевый алгоритм *CatBoost*, известный своей способностью улавливать нелинейные зависимости в данных, показал комплементарные преимущества. При схожей общей дискриминационной способности (*AUC-ROC* 0,564), модель на основе бустинга продемонстрировала более высокую точность (*precision* = 0,300) по сравнению с *LDA*, что указывает на меньшее количество ложных срабатываний при идентификации потенциальных случаев депрессии.

С практической точки зрения важным результатом является показатель полноты (*recall*), достигнутый моделью *LDA* на 7-дневном интервале, который составил 0,524. Это означает,

что предложенный подход позволил корректно идентифицировать 52 % фактических случаев депрессии в выборке. В контексте задач психиатрического скрининга данный показатель приобретает критическое значение. В соответствии с фундаментальным принципом организации здравоохранения инструменты первичного скрининга должны обладать высокой чувствительностью (*recall*), даже ценой некоторого снижения точности. Приоритетом на данном этапе является не пропустить потенциальный случай, требующий дальнейшего, более глубокого обследования специалистом. Достигнутая полнота в 52 % подтверждает, что *Wi-Fi* метаданные способны улавливать изменения в поведении, коррелирующие с депрессивной симптоматикой, такие как снижение мобильности, нарушение циркадных ритмов и сокращение социальной активности, отражающееся в изменении числа уникальных точек доступа.

Проанализировав признаки, отметим, что наиболее информативными оказались признаки, связанные с регулярностью и предсказуемостью поведения: разнообразие уникальных *Wi-Fi* сетей (*unique_ssid*), привязанность к ос-

новным локациям (*top3_bssid_ratio*), распределение активности в течение суток (*afternoon_ratio*, *night_ratio*) и соотношение активности в выходные и будние дни (*weekend_ratio*). Это позволяет предположить, что депрессия ассоциирована с поведенческими изменениями.

Важным наблюдением стал тот факт, что увеличение интервала наблюдения до 14 и 21 дня приводит к снижению метрик качества используемых нами моделей. Значения *AUC-ROC* для *CatBoost* упали до 0,326 и 0,427 соответственно.

Скорее всего такая динамика свидетельствует о высокой чувствительности поведенческих маркеров к временному контексту и для ее решения необходимо будет провести дополнительные исследования.

В ходе нашего исследования сделаем предположение, что более короткий 7-дневный период наблюдения позволяет зафиксировать актуальное состояние участника, в то время как последующая усредненность данных на длинных интервалах сглаживает критически важные признаки. Для подтверждения или опроверже-

ния достигнутых результатов необходимо провести исследование и найти дополнительное объяснение снижения качества моделей на более длинных интервалах (14–21 день).

На данном этапе можно сделать вывод, что актуальное значение для разработки реальных систем скрининга и использования их в СППР имеют короткие периоды наблюдения, которые захватывают более релевантный сигнал, что имеет практическое значение для разработки инструментов скрининга.

Достигнутая прогностическая точность является довольно невысокой, однако подтверждает принципиальную возможность использования пассивно собираемых *Wi-Fi* метаданных в задачах оценки психического здоровья (выявления депрессии), а в дальнейшем использовать указанные наработки для системы поддержки принятия решений.

Отметим, что перспективы дальнейших исследований возможно покажут более серьезные результаты в случаях применения методов глубокого обучения для извлечения новых паттернов при проведении будущих экспериментов.

Литература/References

1. MobileWell400+ Dataset (2024). Zenodo. – DOI: 10.5281/zenodo.11060596.
2. Heckler, W.F. Digital phenotyping for mental health based on data analytics: A systematic literature review / W.F. Heckler, L.P. Feijó, J.V. de Carvalho, J.L.V. Barbosa // *Artificial Intelligence in Medicine*. – 2025. – Vol. 160. – P. 103094.
3. Hakala, A. Classification of patients with depression and healthy controls based on behavioural patterns acquired from smartphone sensor data : Master's thesis / A. Hakala. – Espoo : Aalto University, 2021. – 84 p.
4. Burakov, A. Development of a Classification Model for Predicting the Mental Health Conditions of Remote Workers : Master's thesis / A. Burakov. – Moscow : HSE University, 2025. – 87 p.
5. Lee, H. Machine learning algorithms for predicting anxiety symptoms in social anxiety disorder using multimodal data from virtual reality therapy / H. Lee, S. Kim, J. Park, et al. // *Frontiers in Psychiatry*. – 2024. – Vol. 15. – P. 1504190.
6. Shaha, T.R. Feature group partitioning: an approach for depression severity prediction with class balancing using machine learning algorithms / T.R. Shaha, M. Begum, J. Uddin, V.Y. Torres, J.A. Iturriaga, I. Ashraf, M.A. Samad // *BMC Med Res Methodol*. – 2024. – Vol. 24(1). – P. 123. – DOI: 10.1186/s12874-024-02249-8. – PMID: 38831346; PMCID: PMC11145774.

© Д.С. Жериборов, А.С. Бурнасов, 2026

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РИСКА ПЛАГИАТА: ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ И АЛГОРИТМОВ РЕКОМЕНДАЦИЙ

К.С. КРЕЗ, В.Ю. ФИЛИПЕНКО

*УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,
г. Минск (Беларусь)*

Ключевые слова и фразы: индивидуальные траектории обучения; теория графов; алгоритмы рекомендаций; плагиат; косинусное сходство.

Аннотация: Цель исследования – разработать способ формирования индивидуальных траекторий обучения с учетом вероятности плагиата. Задачи: представить ресурсы и задания как взвешенный семантический граф, определить показатель риска заимствований и встроить его в ранжирование рекомендаций. Гипотеза: штрафование высокорисковых связей снижает совпадение траекторий и поддерживает академическую честность без потери релевантности. Методы включают векторизацию текста, косинусное сходство, графовое ранжирование и диверсификацию. Результаты показывают рост вариативности траекторий и снижение доли рекомендаций с высокой семантической плотностью.

Персонализация обучения в цифровой среде все чаще реализуется через индивидуальные траектории, которые учитывают исходный уровень знаний, темп освоения, учебные цели и интересы обучающегося. Одновременно расширение доступа к электронным ресурсам и типовым заданиям повышает вероятность некорректных заимствований: студенты получают одинаковые подборки материалов, повторяют решения и воспроизводят близкие по структуре тексты, что снижает развивающий эффект обучения и искажает оценивание.

В исследованиях по индивидуализации обучения и электронным сервисам отмечается, что траектория должна быть прозрачной для преподавателя и управляемой по целям и результатам, однако практическая реализация часто упирается в ограниченное разнообразие контента и отсутствие механизмов контроля академической честности [1]. Классические подходы адаптивного гипермедиа строят модель знаний и предпочтений пользователя и на ее основе изменяют навигацию и выдачу материалов, но вопрос предотвращения заимст-

ний в таких системах обычно рассматривается отдельно от рекомендаций [2].

Цель исследования – разработать компактный метод построения индивидуальных траекторий обучения, который одновременно повышает релевантность рекомендаций и снижает риск плагиата в заданиях и учебных текстах. Для достижения цели решаются задачи:

- 1) представить образовательный контент и результаты деятельности обучающихся в виде графовой модели;
- 2) вычислять семантическую близость материалов на основе векторных представлений;
- 3) ввести показатель риска заимствований и правила его интерпретации;
- 4) встроить риск в процедуру ранжирования и отбора рекомендаций.

Гипотеза состоит в предположении, что риск-ориентированное ранжирование уменьшает совпадение траекторий и долю высокосходных материалов, сохраняя качество рекомендаций по релевантности и предпосылкам.

Графовая модель удобна тем, что в ней можно совместить два вида отношений: пред-

метные (предпосылки, «тема-подтема», соответствие компетенциям) и семантические (сходство формулировок, совпадение примеров, близость терминологии). В практической реализации используется многослойный граф: один слой задает дидактическую последовательность (обязательные зависимости), второй слой описывает информационную близость ресурсов. Это позволяет строить траектории, которые не нарушают логики освоения (нельзя рекомендовать материал без необходимых предпосылок), но при этом остаются гибкими за счет альтернатив на семантическом слое.

В качестве входных данных для построения графа рассматриваются: учебные материалы курса, описания тем и компетенций, а также метаданные (тип ресурса, уровень сложности, рекомендованное время, автор). Метаданные используются как дополнительные признаки: например, материалы разного жанра могут объединяться слабее, даже если текстовые формулировки похожи, чтобы не «склеивать» лекцию и тест. Для заданий добавляются признаки формата ответа и ключевых шагов решения, что помогает находить не только буквальное совпадение, но и структурные аналоги.

При построении векторных представлений важно минимизировать «ложные» совпадения, возникающие из-за общих терминов предметной области. Для этого применяются доменные стоп-слова (частотные термины, не несущие различий в рамках курса), взвешивание по частоте в конкретной дисциплине и нормализация длины документов. Для эмбедингов дополнительно полезна агрегация по абзацам, чтобы длинные материалы не «размывали» смысл, и сглаживание по тематическим сегментам, если ресурс содержит несколько разделов.

Подготовка корпуса включает стандартизацию терминов (словари синонимов, единые обозначения формул), что особенно важно в технических дисциплинах. При отсутствии доменного словаря применяется автоматическое выделение терминов и обучение эмбедингов на локальном корпусе, чтобы модель лучше различала близкие по смыслу слова в контексте конкретной программы обучения. Это повышает качество весов ребер и уменьшает количество ложных сильных связей.

В предлагаемом подходе каждому учебному ресурсу (лекции, конспекту, статье, фрагменту задания) соответствует вершина, а связь между вершинами отражает степень смысловой

близости. Ребра графа взвешиваются коэффициентом сходства $s(d_i, d_j)$, который вычисляется по векторным представлениям текстов. Векторизация выполняется стандартной обработкой (очистка, лемматизация, удаление стоп-слов) и последующим получением признаков *TF-IDF* или эмбедингов; выбор модели зависит от объема корпуса и требований к интерпретируемости.

При построении траекторий также учитывается нагрузка: материалы с сопоставимой трудоемкостью распределяются равномерно, чтобы не создавать «пиков» сложности. В графовой постановке это реализуется через штраф за последовательный выбор двух трудоемких вершин и через ограничение на суммарный вес по неделе/модулю. Такое ограничение усиливает индивидуальность траектории: даже при одинаковой цели разные студенты могут получить разные комбинации ресурсов, но с одинаковым уровнем нагрузки.

Для вычисления веса ребра используется косинусное сходство: $s(d_i, d_j) = (v_i \cdot v_j) / (\|v_i\| \cdot \|v_j\|)$, где v_i и v_j – векторы документов. Такая метрика устойчива к различию масштабов признаков и удобна для объединения материалов разной длины. Для исключения шума вводится порог τ , ниже которого связь считается слабой и может не участвовать в построении траектории; при этом τ настраивается по распределению сходств в корпусе и по экспертной оценке тематических пар.

Порог τ может задаваться не константой, а адаптивно: например, как квантиль распределения сходств внутри каждой темы или как функция сложности материала. В темах с большим числом однотипных конспектов порог повышается, чтобы считать сильными только почти совпадающие тексты, а в темах с небольшим количеством источников порог понижается, чтобы не исключать редкие, но полезные материалы. Такой подход снижает риск того, что система будет чрезмерно «наказывать» популярные, но качественные ресурсы.

Плагиат-риск интерпретируется как вероятность того, что документ или решение избыточно близко к уже существующим материалам. Для вершины d_i определяется множество соседей $N(i)$ и доля «сильных» связей: $R(d_i) = |\{j \in N(i): s(d_i, d_j) \geq \tau\}| / |N(i)|$. Высокие значения $R(d_i)$ сигнализируют о том, что материал находится в плотном кластере и его использование в траектории требует дополни-

тельных ограничений (например, замены на альтернативы, добавления оригинальных вопросов, увеличения доли практических задач). Такой показатель согласуется с логикой оценки внешнего и внутреннего плагиата, когда анализируется либо сходство с коллекцией источников, либо аномальная стилистическая однородность внутри корпуса [4].

Показатель $R(d_i)$ может быть расширен до составного индекса, где учитывается не только доля сильных связей, но и плотность окружения вершины (локальный коэффициент кластеризации), а также новизна относительно уже выбранного набора. В этом случае риск высок, если документ одновременно тесно связан с окружением и добавляет мало новых понятий. Новизна может оцениваться через прирост покрытия ключевых терминов или через тематическую дистанцию до уже рекомендованных материалов. Однако даже базовая доля сильных связей удобна тем, что легко интерпретируется и быстро пересчитывается при обновлении графа. Ранжирование материалов в траектории целесообразно разделять на две стадии: генерацию кандидатов и риск-ориентированную переранжировку. На стадии генерации можно использовать контентный поиск по профилю, коллаборативные сигналы (история выбора похожих студентов) и графовые меры близости к целевым вершинам. На стадии переранжировки применяется принцип максимальной маржинальной релевантности: система выбирает следующий материал так, чтобы он был релевантен цели, но одновременно максимизировал различие с уже выбранными и минимизировал риск R . Такой механизм делает траектории устойчивыми к копированию даже при ограниченном количестве ресурсов.

Формирование траектории рассматривается как задача подбора маршрута по графу с учетом предпосылок и целевых компетенций. Для обучающегося u задается профиль (освоенные темы, предпочтения, дефициты) и целевой набор результатов. Базовый балл рекомендации вычисляется как комбинация релевантности контента профилю и структурной значимости вершины в графе (например, центральность по тематическому подграфу или близость к целевым вершинам). Далее вводится риск-штраф: $score'(d) = score(d) \cdot (1 - \lambda \cdot R(d))$, где λ определяет «жесткость» антиплагиатного контроля и выбирается таким образом, чтобы не вытеснять редкие, но важные ресурсы.

Интеграция риска в рекомендации важна и для заданий. Если система предлагает одинаковые типовые задачи, студенты неизбежно будут обмениваться решениями. Поэтому для каждой темы формируется пул вариантов: одинаковая дидактическая цель, но разные исходные данные, контекст, ограничения или формат ответа. Риск-ориентированная политика выбирает такие варианты, чтобы в группе одновременно поддерживались сопоставимая сложность и различие формулировок, а при необходимости задания автоматически перефразируются по шаблонам, сохраняющим смысл.

Чтобы снизить вероятность копирования траекторий между обучающимися, отбор материалов дополняется диверсификацией. В каждом тематическом узле допускается выбор из нескольких эквивалентных по предпосылкам ресурсов, а окончательное решение принимается с элементом стохастичности, ограниченной минимальным уровнем качества $score'(d)$. Дополнительно контролируется перекрытие путей: если доля общих вершин между двумя траекториями превышает заданный предел, система увеличивает вес разнообразия и выбирает альтернативы из соседних кластеров, сохраняя связность и учебную логичность.

С точки зрения реализации в образовательной платформе подход может работать в двух режимах: профилактическом и диагностическом. В профилактическом режиме риск влияет на рекомендации до выполнения задания, снижая шанс получить «слишком похожий» маршрут. В диагностическом режиме после сдачи работы пересчитываются сходства с корпусом и с работами группы, а результат используется для адаптации последующих рекомендаций (например, усиление практики по слабым темам при одновременном расширении вариативности формулировок). Такой цикл поддерживает индивидуализацию на протяжении всего курса, а не только на старте.

Для сохранения педагогической справедливости риск не должен автоматически означать обвинение в плагиате. Высокий $R(d)$ может возникать, когда тема объективно представлена ограниченным набором источников. Поэтому интерпретация риска строится как «сигнал для управления контентом»: при высоком значении система предлагает добавить материалы другого жанра (видео, кейс, лабораторная), включить задания на перенос знаний или попросить студента сформулировать собственные выводы

и примеры. Преподаватель при этом получает объяснимую причину изменения рекомендаций – плотность семантических связей в графе.

Задания и ответы обучающихся также включаются в граф как отдельные вершины, что позволяет оценивать риск не только по учебным материалам, но и по продукциям. Для текстовых решений вычисляется сходство с эталонными ответами и с работами в группе, а для программных заданий могут использоваться векторные признаки кода и сравнение структурных представлений. При превышении порога риска система не блокирует обучение, а предлагает корректирующие действия: индивидуальные уточняющие вопросы, расширение контекста, требование ссылок на источники, либо альтернативное задание той же сложности.

Параметр λ , отвечающий за влияние риска, рекомендуется настраивать по принципу допустимого компромисса между релевантностью и уникальностью. Практично начинать с небольших значений (например, $\lambda \approx 0,2-0,4$ в нормированной шкале риска), затем оценивать изменение перекрытия траекторий и, при необходимости, повышать λ только в темах с проблемной повторяемостью. Если λ слишком велик, система может предлагать редкие мате-

риалы, которые хуже объясняют базовые понятия; поэтому важна совместная настройка с преподавателем и анализ отзывов студентов.

Для оценки релевантности можно использовать не только клики или просмотры, но и учебные события: успешность в контрольных точках, время выполнения заданий, количество попыток. Эти сигналы позволяют уточнять профиль обучающегося и корректировать траекторию динамически. При этом риск-ориентированная часть не зависит от персональных данных напрямую: $R(d)$ вычисляется по корпусу материалов, что упрощает соблюдение требований к конфиденциальности и снижает риск утечек.

Таким образом, графовое представление контента и риск-ориентированное ранжирование формируют основу для построения индивидуальных траекторий, которые остаются связными и педагогически обоснованными, но при этом менее подвержены копированию. Предложенный метод может быть встроен в образовательные платформы как модуль, совместимый с существующими рекомендательными алгоритмами и практиками академической честности, повышая оригинальность учебных работ и надежность оценивания.

Литература

1. Самборская, Л.Н. Основные проблемы, возникающие в процессе выявления индивидуальной образовательной траектории учащегося, и их решение с помощью электронных сервисов и применения модели «Цифровой профиль» / Л.Н. Самборская, Н.С. Виноградова, В.Г. Пономарев // Интерактивная наука. – 2017. – № 13.
2. Brusilovsky, P. Adaptive Hypermedia / P. Brusilovsky // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2001. – Vol. 11(1–2). – P. 87–110.
3. Manouselis, N. Recommender Systems in Technology Enhanced Learning / N. Manouselis, H. Drachsler, R. Vuorikari, H. Hummel, R. Koper // Recommender Systems Handbook. – Springer, 2011. – P. 387–415.
4. Potthast, M. An Evaluation Framework for Plagiarism Detection / M. Potthast, B. Stein, A. Barrón-Cedeño, P. Rosso // Coling 2010 : Posters, 2010. – P. 997–1005.
5. Соловцова, Е.В. Анализ структуры и ключевых компонентов цифровых компетенций современного педагога в условиях перехода к онлайн-обучению и интеграции искусственного интеллекта в образовательный процесс / Е.В. Соловцова // Управление образованием: теория и практика. – 2025. – № 9-2. – С. 142–151.

References

1. Samborskaya, L.N. Osnovnye problemy, vznikayushchie v protsesse vyyavleniya individualnoj obrazovatelnoj traektorii uchashchegosya, i ikh reshenie s pomoshchyu elektronnykh servisov i primeneniya modeli «TSifrovoj profil» / L.N. Samborskaya, N.S. Vinogradova, V.G. Ponomarev // Interaktivnaya nauka. – 2017. – № 13.
5. Solovtsova, E.V. Analiz struktury i klyuchevykh komponentov tsifrovykh kompetentsij

sovremennogo pedagoga v usloviyakh perekhoda k onlajn-obucheniyu i integratsii iskusstvennogo intellekta v obrazovatelnij protsess / E.V. Solovtsova // Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. – 2025. – № 9-2. – S. 142–151.

© К.С. Крез, В.Ю. Филипенко, 2026

АЛГОРИТМ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА КОНУСНО-ЛУЧЕВЫХ ТОМОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ОДОНТОГЕННОГО ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОГО СИНУСИТА

Н.С. КУЗНЕЦОВА, АХМЕД ЮСЕФ ФУАД МАХМУД,
АЛИ МОХТАР САИД ОМАР АБДЕЛХАЛИМ,
САРА АБДЕЛМАЖИД ИБРАХИМ МОХАМЕД КХАЛИЛ

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»,
г. Уфа

Ключевые слова и фразы: конусно-лучевая компьютерная томография; одонтогенный верхнечелюстной синусит; текстурный анализ *GLCM*; автоматизированная диагностика; алгоритм обработки изображений; машинное обучение.

Аннотация: Цель – разработать и оценить алгоритм количественного анализа конусно-лучевой компьютерной томографии (**КЛКТ**) для автоматизированной верификации одонтогенного верхнечелюстного синусита. Задачи: предобработка *DICOM*, сегментация пазухи, извлечение *GLCM*-признаков и построение интерпретируемого классификатора. Гипотеза: текстурные параметры мягкотканного содержимого на КЛКТ различаются при одонтогенной и неодонтогенной этиологии. Методы: адаптивная пороговая сегментация, расчет *GLCM*-показателей, решающее дерево, *5-fold cross-validation* ($n = 78$). Результаты: точность 87,2 %, чувствительность 89,4 %, специфичность 84,6 %; выявлены значимые различия контраста, корреляции и *IDM* ($p < 0,05$).

Одонтогенный верхнечелюстной синусит относится к патологиям пограничной зоны стоматологии и оториноларингологии и часто проявляется неспецифическими жалобами, что затрудняет раннюю этиологическую верификацию. В клинической практике пациенты нередко длительно получают лечение как при риногенном процессе, тогда как сохранение периапикального очага поддерживает воспаление слизистой оболочки пазухи и способствует хронизации. По данным клинических обзоров, доля одонтогенной этиологии в структуре верхнечелюстного синусита достигает 10–40 %, а при одностороннем поражении – существенно выше, что делает задачу дифференциальной диагностики особенно актуальной [1; 2; 5].

Ключевой проблемой остается отсутствие воспроизводимых количественных критериев, позволяющих объективно различать одонтогенную и неодонтогенную природу воспаления на уровне одного лучевого исследования. На практике врач опирается на совокупность косвен-

ных признаков (характер утолщения слизистой, наличие периапикальной деструкции, сообщение с пазухой, выраженность затенения), однако их интерпретация зависит от опыта, качества реконструкции и выраженности артефактов. Поэтому востребованы алгоритмы, которые стандартизируют оценку, уменьшают субъективность заключения и позволяют представлять результат в виде численных метрик и вероятностного вывода, пригодного для поддержки принятия решения [1; 2].

В качестве причин одонтогенного синусита рассматривают хронические периапикальные очаги, осложненный кариес, некачественное эндодонтическое лечение, а также ятрогенные факторы (экструзия пломбировочного материала, имплантация, синус-лифтинг), приводящие к инфицированию или нарушению целостности дна пазухи. Лучевая картина может включать локальное или диффузное утолщение слизистой, уровни жидкости и тотальное затенение, при этом одонтогенный вариант чаще имеет

связь с причинным зубом и локальным поражением в нижнем отделе пазухи. Однако эти признаки не всегда выражены, а сопутствующие риногенные изменения и состояние остиомеатального комплекса могут смазывать картину, что усиливает потребность в количественных критериях [1; 2].

При лучевой оценке важны стандартизованные пороги нормальной толщины слизистой оболочки и единые правила измерения. В литературе часто используется критерий утолщения более 2 мм как маркер воспалительных изменений, однако на КЛКТ точность измерения зависит от размера вокселя, реконструкции и положения пациента. Кроме того, неоднородность содержимого пазухи (жидкость, полипоз, утолщенная слизистая) может проявляться сходным уровнем серого, поэтому простые пороговые методы сегментации без текстурной оценки дают ограниченную специфичность [3; 5].

Конусно-лучевая компьютерная томография обеспечивает трехмерную визуализацию комплекса «зуб – альвеолярная кость – дно пазухи» при приемлемой лучевой нагрузке и рассматривается как основная методика лучевой верификации одонтогенных изменений верхнечелюстной пазухи [3; 5]. Формат *DICOM* дает доступ к воксельным массивам, что позволяет проводить вычислительный анализ распределения плотности и текстуры в области интереса. Вместе с тем КЛКТ имеет особенности: значения плотности менее стандартизованы, чем при МСКТ, а металлические конструкции вызывают выраженные полосовые артефакты, поэтому вычислительный конвейер должен включать устойчивые этапы нормализации и контроля качества.

С инженерной точки зрения задача автоматизации состоит в том, чтобы из «сырого» *DICOM*-объема получить устойчивую область анализа, минимально чувствительную к настройкам сканирования, и выделить набор признаков, которые отражают биофизические особенности воспалительного субстрата. Текстурные методы, в отличие от нейросетевых, позволяют получать признаки детерминированно и объяснимо, что облегчает верификацию и последующую сертификацию программного средства. В настоящей работе такой подход выбран как базовый и адаптирован к особенностям КЛКТ челюстно-лицевой области.

Целью исследования было разработать и клинически апробировать алгоритм коли-

чественного анализа данных КЛКТ для автоматизированной верификации одонтогенного верхнечелюстного синусита. В качестве задач рассматривались: стандартизация предобработки *DICOM*-данных, автоматическая локализация верхнечелюстной пазухи, сегментация мягкотканного компонента, извлечение информативных текстурных признаков и построение интерпретируемого классификатора.

Гипотеза заключалась в том, что статистические характеристики текстуры содержимого пазухи и утолщенной слизистой оболочки на КЛКТ различаются при одонтогенной и неодонтогенной этиологии и могут служить количественными признаками для дифференциальной диагностики.

Проведено ретроспективное исследование 78 КЛКТ-исследований пациентов 28–45 лет с клиническими и лучевыми признаками хронического апикального периодонтита. Исключались случаи с выраженными нерегулируемыми металлическими артефактами в зоне интереса, онкологическими и системными аутоиммунными заболеваниями. Исследования выполнялись в стандартных клинических протоколах с реконструкцией изотропных вокселей; исходные данные анализировали в *DICOM*-формате. Эталонное заключение формировали по совокупности клинических данных, эндоскопической картины и наблюдения в динамике с учетом эффективности санации причинного зуба и регресса изменений пазухи.

Этические аспекты учитывались в соответствии с локальными нормативами: данные анализировались в обезличенном виде, а пациенты подписывали информированное добровольное согласие на проведение обследования и использование результатов в научных целях. Использование детерминированных алгоритмов с интерпретируемыми правилами упрощает последующий аудит и снижает риск неконтролируемых ошибок при внедрении программной поддержки принятия решений.

На этапе импорта выполняли сортировку срезов по положению, извлечение метаданных (размер матрицы, шаг между срезами, коэффициенты масштабирования) и формирование трехмерного массива. Для повышения сопоставимости исследований проводили приведение значений к относительным единицам плотности и отсеменение экстремальных значений, соответствующих воздуху и плотным материалам. Дополнительно применяли подавление локальных

выбросов и медианную фильтрацию в участках вероятных металлических артефактов, чтобы снизить влияние полос и шумовых флуктуаций на вычисление текстурных признаков.

После формирования трехмерного массива выполняли контроль качества исследования: оценивали наличие пропусков срезов, аномальных значений и выраженности артефактов. Для маскирования артефактов использовали порог по высоким значениям плотности, характерным для металла, и последующую медианную фильтрацию в окрестности. Такой шаг не претендует на полноценную коррекцию артефактов, но уменьшает вероятность того, что отдельные яркие полосы будут интерпретированы как структурная неоднородность и исказят текстурные показатели.

Локализацию пазухи осуществляли по анатомическому принципу поиска максимальной воздушной полости в верхнем отделе аксиальных срезов с последующим морфологическим закрытием и удалением мелких компонентов. На основе маски воздуха определяли ограничивающий параллелепипед (*bounding box*) с запасом по осям, после чего из исходного объема выделяли подобъем, содержащий пазуху и прилежащие костные структуры. Такой подход уменьшал объем вычислений и снижал риск включения посторонних полостей (клеток решетчатого лабиринта, полости носа) в область анализа.

При локализации пазухи дополнительно учитывали симметрию и положение относительно средней линии: в сомнительных случаях алгоритм сравнивал объемы воздушных полостей справа и слева и выбирал структуру с характерной конфигурацией, соответствующей верхнечелюстной пазухе. Для повышения устойчивости к частичным объемным эффектам применяли сглаживание маски воздуха и объединение близко расположенных компонентов. На выходе этапа формировались координаты подобъема и маска пазухи, используемые для всех последующих измерений.

Сегментацию мягкотканного компонента внутри подобъема выполняли адаптивным пороговым методом, разделяя воксели на «воздух» и «мягкие ткани / экссудат». В качестве порога использовали автоматический выбор на основе распределения интенсивностей, после чего проводили морфологическую обработку (удаление мелких объектов, сглаживание границ) для получения устойчивой бинарной ма-

ски. Дополнительно рассчитывали объемный показатель – долю вокселей мягких тканей от общего объема пазухи, что отражало степень затенения и позволяло учитывать распространенность процесса.

Сегментация мягкотканного компонента строилась так, чтобы отделять воздух от тканей при изменчивом уровне серого между исследованиями. После пороговой бинаризации выполняли выбор связного компонента, соответствующего внутривпазучному содержанию, и удаляли мелкие фрагменты, возникающие из-за шумов или остаточных артефактов. При необходимости маску заполняли морфологическими операциями для устранения отверстий, что важно для корректного расчета объема и для последующего определения толщины слизистой оболочки.

В сегментированной области интереса вычисляли ориентировочную толщину утолщенной слизистой оболочки и взаимное расположение периапикального очага и дна пазухи. Для этого использовали расстояния до ближайшей костной стенки воксельным методом и оценку минимального расстояния от зоны периапикальной деструкции до нижней стенки пазухи. Подобные морфометрические параметры широко применяются при лучевой оценке одонтогенных изменений и дополняют текстурные признаки, формируя клинически интерпретируемый контекст алгоритмического вывода [3; 5].

Оценку толщины слизистой оболочки проводили на основе расстояния от поверхности костной стенки до границы сегментированной мягкотканной области. Для этого использовали приближение через воксельное расстояние и вычисление карты расстояний внутри подобъема, что позволяет получить сопоставимую метрику без ручных измерений. Параллельно вычисляли минимальное расстояние от периапикального очага до дна пазухи, поскольку близость очага к пазухе повышает вероятность одонтогенного механизма воспаления и учитывается в клинических обзорах [3; 5].

Текстурные признаки вычисляли после квантизации уровней серого до 64 градаций для снижения влияния шума и уменьшения размерности матриц. Матрицу совместной встречаемости уровней серого (*GLCM*) формировали в направлениях 0° , 45° , 90° и 135° при расстояниях $d = 1$ и $d = 2$, затем показатели усредняли. Рассматривали контраст, корреляцию, обратный разностный момент (*IDM*), энергию и эн-

тропию как интерпретируемые характеристики неоднородности и упорядоченности структуры. В качестве итогового вектора признаков использовали сочетание текстуры и морфометрии, что позволяло учитывать как «качественную» структуру экссудата, так и объем его распределения в пазухе.

Таким образом, разработан и апробирован алгоритм количественного анализа КЛКТ на основе сегментации области интереса, извлечения

GLCM-признаков и интерпретируемой классификации решающим деревом, обеспечивающий клинически приемлемую дифференциальную диагностику одонтогенного верхнечелюстного синусита. Подход не требует *GPU*-ускорения и может быть интегрирован в программные средства просмотра КЛКТ для стандартизации заключения, сокращения времени принятия решения и повышения согласованности междисциплинарного ведения пациента.

Литература

1. Крюков, А.И. Современные представления о диагностике хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита / А.И. Крюков, А.В. Гуров, Д.С. Черкасов, А.О. Чернышева, М.Д. Ковалева // Российская ринология. – 2023. – Т. 31. – № 2. – С. 137–143.
2. Craig, J.R. Odontogenic sinusitis: a state-of-the-art review / J.R. Craig // World Journal of Otorhinolaryngology – Head and Neck Surgery. – 2022. – Vol. 8. – No. 3. – P. 180–187.
3. Maillet, M. Cone-beam computed tomography evaluation of maxillary sinusitis / M. Maillet, W.R. Bowles, S.L. McClanahan, M.T. John, M. Ahmad // Journal of Endodontics. – 2011. – Vol. 37. – No. 6. – P. 753–757.
4. Costa, A.L.F. Cone-beam computed tomography texture analysis can help differentiate odontogenic and non-odontogenic maxillary sinusitis / A.L.F. Costa, K.A.C. Fardim, I.T. Ribeiro, et al. // Imaging Science in Dentistry. – 2023. – Vol. 53. – No. 1. – P. 43–51.
5. Zhang, J. Diagnosis of odontogenic maxillary sinusitis by cone-beam computed tomography: a critical review / J. Zhang, L. Liu, L. Yang, J. Wang, X. Tan, D. Huang // Journal of Endodontics. – 2023. – Vol. 49. – No. 11. – P. 1445–1456.

References

1. Kryukov, A.I. Sovremennye predstavleniya o diagnostike khronicheskogo odontogennoho verkhnechelyustnogo sinusita / A.I. Kryukov, A.V. Gurov, D.S. SCherkasov, A.O. SChernysheva, M.D. Kovaleva // Rossijskaya rinologiya. – 2023. – T. 31. – № 2. – S. 137–143.

© Н.С. Кузнецова, Ахмед Юсеф Фуад Махмуд, Али Мохтар Саид Омар Абделхалим, Сара Абделмажид Ибрахим Мохамед Кхалил, 2026

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ 3D-ЭКСКУРСИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ WEBGL И NODE.JS

Г.А. ОРЛОВ, Е.А. СКОРНЯКОВА, О.И. ГЛАЗУНОВА

ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
имени Д.Ф. Устинова»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: WebGL; Three.js; Node.js; клиент-серверная архитектура; виртуальная экскурсия; raycasting; трехмерная визуализация; JSON; функциональное тестирование; юзабилити.

Аннотация: Цель исследования – обосновать и реализовать клиент-серверную архитектуру веб-приложения интерактивных 3D-экскурсий для выставочно-образовательного комплекса БГТУ «ВОЕНМЕХ». Задачи: выполнить анализ аналогов, определить требования, спроектировать компоненты, реализовать визуализацию и взаимодействие, провести тестирование. Гипотеза: связка WebGL/Three.js на клиенте и Node.js/Express на сервере при хранении метаданных сцен в JSON обеспечивает достаточную производительность и удобство без тяжелых SPA-фреймворков. Методы: сравнительный анализ, проектирование, прототипирование, функциональное тестирование и «поток сознания». Результаты: создан прототип с конвейерной загрузкой панорам и raycasting; критических дефектов не выявлено, 88 % сценариев выполнены не более чем за 3 минуты.

Цифровая репрезентация музейно-выставочных пространств университетов постепенно становится самостоятельным инженерным продуктом, расширяющим доступ к экспозициям при ограничениях по времени и пропускной способности. Для таких задач востребованы браузерные 3D-сцены, не требующие установки плагинов и работающие на массовых устройствах, что делает виртуальные экскурсии устойчивым каналом трансляции научного и исторического наследия вуза [1].

Целью работы является разработка компактной клиент-серверной архитектуры веб-приложения интерактивных 3D-экскурсий по выставочно-образовательному комплексу БГТУ «ВОЕНМЕХ». Задачи включают: анализ существующих решений, формирование функциональных и нефункциональных требований, проектирование модели данных и компонентной схемы, реализацию модулей визуализации и взаимодействия, а также проверку работоспособности и удобства использования. Гипотеза исследования состоит в том, что разделение от-

ветственности между клиентом визуализации на WebGL/Three.js и сервером отдачи контента на Node.js/Express при хранении описаний сцен и экспонатов в JSON позволит получить отзывчивый интерфейс и управляемое сопровождение контента без внедрения тяжелых SPA-фреймворков [2; 3].

На первом этапе выполнен сравнительный обзор четырех доступных виртуальных туров, ориентированных на русскоязычную аудиторию. Для каждого решения оценивались: компактность и читаемость интерфейса, наличие инерции при вращении обзора, время загрузки стартовой панорамы и переключения локаций, устойчивость при штатной работе и наличие интерактивных элементов, привязанных к экспонатам. Анализ показал, что быстрые по загрузке решения часто имеют примитивное управление камерой или недостаточную стабильность, тогда как функционально насыщенные проекты характеризуются перегруженным интерфейсом и увеличенным временем ожидания из-за тяжелых панорам и дополнительных

модулей. Эти наблюдения были использованы как обоснование проектных компромиссов: минимальный оверлей управления, акцент на взаимодействии с экспонатами внутри сцены и снижение воспринимаемого времени переходов за счет асинхронной подгрузки ресурсов.

Сформулированные требования к разрабатываемому приложению включают: отображение стартовой панорамы главного зала, поддержку альтернативных схем управления (мышь и экранные элементы), размещение точек интереса двух типов (информационных и навигационных), показ карточки экспоната в модальном окне поверх сцены без переходов на отдельные страницы, а также наличие режима редактирования, позволяющего сотруднику комплекса добавлять и изменять точки интереса без вмешательства разработчика. В качестве нефункциональных требований приняты: отсутствие зависимостей от сторонних плагинов, приемлемая частота кадров на массовых устройствах и предсказуемое сетевое поведение при одновременной работе нескольких пользователей.

Архитектура приложения реализована как три логических слоя. Клиентский слой выполняет рендеринг панорамы на внутренней поверхности сферической геометрии и поддерживает пользовательский ввод, серверный слой отвечает за отдачу статических файлов и REST-эндпоинтов, а слой данных представлен набором JSON-описаний комнат и экспонатов. Взаимодействие между слоями происходит по HTTP(S): клиент запрашивает манифест комнаты, далее – текстуры панорам и медиаконтент экспонатов. Такой подход позволяет масштабировать контент простым добавлением новых файлов и обеспечивает прозрачность структуры данных для сотрудников, не владеющих инструментами сборки проектов.

Модель данных основана на манифестах комнат, в которых фиксируются идентификатор, путь к панорамному изображению, а также массив точек интереса. Каждая точка содержит тип (*info* или *nav*), трехмерную позицию в системе координат сцены и ссылку на связанный контент: идентификатор экспоната либо целевую комнату. Для экспонатов используется отдельный JSON-объект, содержащий заголовок, описательный текст и путь к иллюстрации. Разделение «комната-экспонат» снижает дублирование данных и упрощает локальные обновления: коррективировка текста экспоната не требует

изменения манифеста комнаты, а перенос точки интереса не затрагивает описание экспоната.

Клиентский модуль выполнен на JavaScript (ES6+) с использованием Three.js как высокоуровневой надстройки над WebGL [3]. Рендеринг организован через requestAnimationFrame, что синхронизирует отрисовку с частотой обновления экрана. На каждом кадре обновляются параметры камеры с учетом текущего ввода, рассчитывается наведение на интерактивные объекты, синхронизируются элементы UI и выполняется *renderer.render(scene, camera)*. DOM-интерфейс сведен к модальному окну карточки экспоната, индикатору загрузки и набору навигационных элементов, что уменьшает количество перерисовок и упрощает поддержку.

Для управления обзором применяется инерционная модель: при удержании кнопки мыши поворот камеры определяется дельтой перемещения курсора, а после отпущения ввод затухает по коэффициенту демпфирования, создавая эффект плавного «дворота». Такой режим снижает утомляемость при навигации по панорамам и повышает субъективное ощущение присутствия. Для альтернативного управления предусмотрены экранные элементы, изменяющие углы поворота камеры дискретными шагами; это обеспечивает доступность для пользователей сенсорных устройств и снижает порог входа для аудитории с низким опытом работы с 3D-интерфейсами.

Взаимодействие пользователя с объектами трехмерной сцены реализовано через raycasting. Экранные координаты курсора преобразуются в нормализованные координаты устройства в диапазоне [-1; 1], затем формируется луч из позиции камеры через соответствующую точку проекционной плоскости и выполняется поиск пересечений с массивом интерактивных объектов. Объекты, пересеченные лучом, сортируются по расстоянию до камеры, ближайший используется для подсветки и для выбора сценария действия: отображение карточки экспоната или переход в другую панораму [4]. В реализации применен единый массив интерактивных объектов, что упрощает поддержку: добавление новой точки интереса сводится к созданию спрайта и заполнению *userData*.

Производительность механизма наведения оценивалась по сложности алгоритма и по типичному количеству точек интереса в комнате. При линейной сложности по числу объектов и

значениях менее 30 объектов на сцене проверка пересечений выполняется за доли миллисекунды и не ограничивает частоту кадров. Для исключения визуальной неоднозначности при плотном расположении точек используется правило ближайшего пересечения: даже если луч пересекает несколько объектов, подсвечивается только ближайший, что повышает предсказуемость взаимодействия.

Для перехода между локациями разработан конвейерный сценарий загрузки, ориентированный на снижение воспринимаемого времени ожидания. Сначала клиент запрашивает *JSON*-манифест комнаты, затем асинхронно загружает панорамную текстуру и параллельно подготавливает геометрию, после чего создает материал, заменяет панорамный меш в сцене и инстанцирует точки интереса из манифеста. На время между запросом и активацией точек интереса отображается индикатор, что снижает субъективное ощущение «замерзания» интерфейса при смене панорамы. Дополнительно применяется предварительная очистка ресурсов предыдущей сцены, чтобы уменьшить потребление памяти браузером при последовательных переходах.

Серверная часть построена на *Node.js* и *Express* и обеспечивает минимальный набор маршрутов: выдачу стартовой страницы, получение списка комнат, получение манифеста комнаты и получение данных конкретного экспоната. Такой набор соответствует принципу минимальной достаточности: вычислительная нагрузка переносится на клиентскую визуализацию, а сервер обеспечивает быстрый доступ к данным и статическим ресурсам. Статические файлы панорам и изображений обслуживаются с заголовками кеширования, что ускоряет повторные посещения и снижает сетевую нагрузку при повторных обращениях к тем же локациям [2].

Для режима редактирования предусмотрена работа с теми же сущностями, что и в пользовательском режиме: сотрудник размещает новую точку интереса в сцене, выбирает ее тип и связывает с экспонатом или комнатой. В результате формируется обновленный манифест, сохраняемый в структуре данных приложения. Данный подход позволяет унифицировать логику и уменьшить вероятность рассогласования: то, что видит администратор при настройке, совпадает с тем, что будет доступно посетителю.

Проверка работоспособности выполне-

на в два этапа. Функциональное тестирование охватило сценарии загрузки стартовой сцены, управления камерой мышью и кнопками, наведения и выбора точек интереса, открытия и закрытия карточек, переходов между комнатами и операций режима редактирования (создание, сохранение и удаление точки интереса). Критических дефектов, приводящих к отказу базовых функций, не выявлено; основные замечания относились к мелким несоответствиям текста и необходимости уточнения подсказок для пользователя.

Для оценки удобства использования применен протокол «потока сознания» с пятью респондентами разного уровня опыта [5]. Участники выполняли типовые задачи: вход и ориентация, управление обзором, поиск локации и экспоната, переход в другой зал; фиксировалось время выполнения и наблюдаемые затруднения. В 88 % измерений сценарии уложились в порог 3 минуты; превышения были связаны преимущественно с попыткой последовательного обхода локаций вместо использования навигационных точек. Наиболее частая рекомендация пользователей – добавление мини-карты с отображением текущей позиции, что рассматривается как приоритетное направление развития.

Для повышения плавности работы клиентского цикла предусмотрено разделение «тяжелых» операций и операций кадра. Загрузка панорам и иллюстраций экспонатов выполняется асинхронно, а в кадре остаются только обновление матриц камеры, проверка наведения и отрисовка. При смене комнаты сначала создается новая панорамная геометрия и материал, и только после полной готовности текстуры выполняется атомарная замена меша, что исключает появление «черного кадра» и резких скачков яркости. Медиаконтент карточек экспонатов подгружается лениво при открытии карточки, что снижает стартовый трафик и ускоряет первый показ сцены. Повторное использование объектов рендерера и камеры, а также освобождение ссылок на старые текстуры и спрайты уменьшает риск накопления памяти и деградации *FPS* при длительной навигации.

На серверном уровне реализована проверка корректности запрашиваемых идентификаторов комнат и экспонатов и возврат понятных *HTTP*-ответов при отсутствии данных. Это позволяет клиенту отображать сообщение об ошибке и сохранять управляемое состояние интерфейса

вместо «зависания». Для сопровождения контента введена минимальная договоренность о структуре каталогов и именовании файлов: панорамы, изображения экспонатов и JSON-описания хранятся раздельно, а связи задаются идентификаторами. Благодаря этому добавление новой локации сводится к размещению изображения, созданию манифеста и, при необходимости, нескольких карточек экспонатов, что удобно для поэтапного наполнения экспозиции.

С практической точки зрения предложенная архитектура подходит как для открытого доступа, так и для локального развертывания внутри сети университета: в обоих случаях серверный слой остается тонким и легко переносится на типовой хостинг. Возможные риски связаны с крупными размерами панорам и разнообразием клиентских устройств; поэтому при промышленном внедрении рекомендуется использовать сжатие изображений, адаптивные разрешения и предварительную загрузку ближайших сцен на основе вероятного маршрута пользователя. Эти

меры позволяют сохранить заявленную интерактивность без усложнения интерфейса и без выхода за рамки выбранного стека технологий [2; 3].

Полученные результаты подтверждают работоспособность выбранной архитектуры для университетского музейного комплекса: клиент на *Three.js* обеспечивает визуализацию и интерактивность, а сервер на *Node.js* упрощает публикацию и обновление контента. Ограничением текущего прототипа остается зависимость времени загрузки от качества сети и размера панорам, поэтому дальнейшее развитие целесообразно связывать с оптимизацией ассетов (сжатие, разбиение на уровни детализации), предзагрузкой соседних локаций и расширением навигации.

Перспективным направлением также является интеграция дополнительных режимов представления контента (аудиосопровождение, тематические маршруты) без усложнения базового интерфейса.

Литература

1. Аверин, С.И. Совершенствование стратегического менеджмента учреждения культуры на основе внедрения проекта «интерактивная экскурсия» / С.И. Аверин, О.И. Черноус, Е.П. Мельникова, Е.Н. Колганова // Вестник Автомобильно-дорожного института. – 2023. – № 1(44). – С. 63–70.
2. Заяц, А.М. Проектирование и разработка WEB-приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и Node.js : 3-е изд. / А.М. Заяц, Н.П. Васильев. – СПб. : Лань, 2023. – 120 с.
3. Вильданов, А.Н. 3D-моделирование на WebGL с помощью библиотеки Three.js : учеб. пособие / А.Н. Вильданов. – Уфа : Башкирский государственный университет, 2014. – 113 с.
4. Басок, Б.М. О тестировании удобства использования веб-приложений / Б.М. Басок // Российский технологический журнал. – 2019. – Т. 7. – № 6(32). – С. 9–24.
5. Соловцова, Е.В. Анализ структуры и ключевых компонентов цифровых компетенций современного педагога в условиях перехода к онлайн-обучению и интеграции искусственного интеллекта в образовательный процесс / Е.В. Соловцова // Управление образованием: теория и практика. – 2025. – № 9-2. – С. 142–151.

References

1. Averin, S.I. Sovershenstvovanie strategicheskogo menedzhmenta uchrezhdeniya kultury na osnove vnedreniya proekta «interaktivnaya ekskursiya» / S.I. Averin, O.I. Chernous, E.P. Melnikova, E.N. Kolganova // Vestnik Avtomobilno-dorozhnogo instituta. – 2023. – № 1(44). – S. 63–70.
2. Zayats, A.M. Proektirovanie i razrabotka WEB-prilozhenij. Vvedenie v frontend i backend razrabotku na JavaScript i Node.js : 3-e izd. / A.M. Zayats, N.P. Vasilev. – SPb. : Lan, 2023. – 120 s.
3. Vildanov, A.N. 3D-modelirovanie na WebGL s pomoshchyu biblioteki Three.js : ucheb. posobie / A.N. Vildanov. – Ufa : Bashkirskij gosudarstvennij universitet, 2014. – 113 s.
4. Basok, B.M. O testirovanii udobstva ispolzovaniya veb-prilozhenij / B.M. Basok // Rossijskij tekhnologicheskij zhurnal. – 2019. – T. 7. – № 6(32). – S. 9–24.
5. Solovtsova, E.V. Analiz struktury i klyuchevykh komponentov tsifrovyykh kompetentsij

sovremennogo pedagoga v usloviyakh perekhoda k onlajn-obucheniyu i integratsii iskusstvennogo intellekta v obrazovatelnyj protsess / E.V. Solovtsova // Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. – 2025. – № 9-2. – S. 142–151.

© Г.А. Орлов, Е.А. Скорнякова, О.И. Глазунова, 2026

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Н.А. ОСТРОУХОВ, С.Н. ЕФИМОВ

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»,
г. Красноярск*

Ключевые слова и фразы: антропогенные факторы; гидрологическое моделирование; искусственный нейронные сети; прогнозирование наводнений; дистанционное зондирование; урбанизация.

Аннотация: Целью исследования является повышение точности прогнозирования наводнений за счет учета антропогенного воздействия на гидрологические процессы. Задачи работы включают анализ влияния урбанизации, изменения ландшафта и инженерной инфраструктуры на формирование гидрологического режима, формирование набора входных параметров на основе данных дистанционного зондирования Земли, гидрометеорологических наблюдений и муниципальной статистики, а также разработку подхода к интеграции этих данных в нейросетевую модель прогнозирования. Гипотеза исследования заключается в том, что учет антропогенных факторов позволяет повысить точность и устойчивость моделей прогнозирования наводнений по сравнению с моделями, основанными только на природных параметрах. Методы исследования включают анализ гидрометеорологических и пространственных данных, их предварительную обработку и нормализацию, применение методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей для выявления нелинейных зависимостей между факторами, а также калибровку модели на исторических данных. Результаты исследования показывают, что интеграция антропогенных параметров и разнородных источников данных повышает устойчивость и точность прогнозных моделей, что может быть эффективно использовано при планировании развития территорий, управлении рисками затоплений, совершенствовании систем мониторинга природных катастроф, а также в интеллектуальных системах раннего предупреждения о наводнениях.

Наводнения представляют серьезную угрозу для городских районов, приводя к экономическим потерям, разрушению инфраструктуры и человеческим жертвам. Современные методы прогнозирования наводнений опираются на математические модели, учитывающие природные факторы, но недостаточно точно анализируют влияние антропогенной деятельности. В данной статье рассматривается влияние урбанизации, изменения русел рек, дренажных систем и других антропогенных факторов на точность прогнозов, а также предлагается использование искусственных нейронных сетей для улучшения точности моделирования.

Более двух третей населенных пунктов на земном шаре расположены в непосредственной

близости к водным объектам, которые исторически использовались как источники питья, транспорта и энергии. С ростом экономической значимости водных ресурсов для производства и жилых комплексов возле водостоков растут крупные промышленные центры, жизнедеятельность которых становится все более зависимой от экстремальных гидрологических ситуаций: периода малой и высокой водности [1].

При этом особое значение имеет использование данных дистанционного зондирования Земли, получаемых с помощью космических аппаратов. Спутниковые системы обеспечивают непрерывное наблюдение за состоянием атмосферы, поверхности Земли и водных объектов, предоставляя критически важную информацию

Таблица 1. Проблемы существующих методов и их решения

Проблема	Описание	Решение
Недостаточная точность прогнозирования	Отсутствие учета антропогенных факторов приводит к погрешностям в расчетах	Включение данных об урбанизации, инфраструктуре и изменениях ландшафта в модель
Высокая вычислительная сложность	Обработка больших массивов данных требует значительных вычислительных ресурсов	Оптимизация архитектуры нейронной сети и использование облачных вычислений
Недостаток исторических данных	Отсутствие детальной информации о прошлых наводнениях в отдельных районах	Использование спутниковых данных и моделирование на основе метеорологических данных
Низкая адаптивность моделей	Некоторые модели плохо реагируют на изменение условий	Регулярное обновление данных и повторное обучение нейросети

для оценки гидрологических процессов. Космические технологии позволяют фиксировать интенсивность осадков, динамику водных потоков, степень урбанизации и вырубки лесов, что делает возможным интеграцию этих данных в нейросетевые модели прогнозирования.

К основным антропогенным факторам, оказывающим существенное влияние на гидрологический баланс территорий, относятся создание водохранилищ и прудов, осушение и мелиорация земель, проведение различных агротехнических мероприятий, а также процессы урбанизации, сопровождающиеся изменением природного ландшафта и перераспределением водных ресурсов.

Увеличение площади водонепроницаемых поверхностей приводит к быстрому стоку воды, увеличивая риск внезапных наводнений. Инженерные сооружения, такие как дамбы и каналы, могут изменить естественный гидрологический режим. Состояние ливневой канализации влияет на распределение потоков во время сильных осадков. Вырубка лесов снижает способность почвы впитывать воду, что увеличивает вероятность затоплений.

Половодье на реках возникает в результате существующих до его формирования и в процессе его образования большого числа физико-географических и антропогенных факторов. Они могут воздействовать последовательно или одновременно в различном сочетании. Каждый из них в разные годы имеет различный вклад (весовой индекс) в его формирование. Более того, в отдельные годы не все факторы участвуют в образовании этого половодья. Поэтому перестановка факторов по их вкладу, как и их

сочетание, меняется по годам [2].

Для повышения достоверности прогнозирования наводнений необходимо переходить от традиционных детерминированных моделей к адаптивным интеллектуальным подходам, способным учитывать изменчивость гидрологических процессов и многокомпонентное влияние антропогенной деятельности. Интеграция разнородных источников данных создает основу для построения более точных и устойчивых прогностических моделей.

Современные методы прогнозирования включают в себя использование нейронных сетей, которые способны анализировать большие массивы данных и выявлять сложные зависимости [3]. Рассмотрим проблемы и их решения в табл. 1.

Вариантом решения этих проблем является организация работы нейронной сети. Большая часть возможностей методов машинного обучения связана с их способностью выявлять нелинейные зависимости между входными и выходными данными без явного представления конкретного водосборного бассейна. Это может быть особенно полезно при оценке небольших и некалиброванных бассейнов [4].

В то же время стремительный рост объема цифровой гидрометеорологической информации, развитие нейросетей, а также расширение парка и мощность вычислительных ресурсов предъявляют новые требования к их обработке, которые распространяются и на долгосрочные гидрологические прогнозы, представляющие собой практически чрезвычайно важную область гидрологии и суши.

Функционирование предложенной системы

прогнозирования включает несколько взаимосвязанных этапов. На первом этапе осуществляется агрегация информации из различных источников, включая гидрологические станции, метеорологические службы, спутниковые наблюдения, а также муниципальные данные о характере и плотности застройки.

Далее проводится предварительная обработка данных, включающая их очистку и нормализацию, устранение выбросов и интерполяцию пропущенных значений, что обеспечивает корректность последующего анализа. На следующем этапе применяется нейронная сеть, обученная на исторических данных, которая позволяет оценить вероятность возникновения наводнения с учетом текущих гидрометеороло-

гических и антропогенных факторов.

Полученные прогнозные значения сопоставляются с фактическими наблюдениями, после чего выполняется калибровка модели с целью повышения точности и устойчивости прогнозирования [5]. На заключительном этапе разработанный алгоритм интегрируется в существующие системы мониторинга и прогнозирования природных катастроф, обеспечивая возможность его практического применения в задачах управления рисками наводнений.

Такой комплексный подход повышает точность прогнозирования риска наводнений, позволяет лучше планировать и разрабатывать стратегии развития городов и повышает устойчивость к наводнениям в городах [6].

Литература

1. Красногорская, Н.Н. Оценка и прогнозирование экстремальных гидрологических ситуаций / Н.Н. Красногорская, Э.В. Нафикова, Ю.И. Ферапонтов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 1. – С. 292.
2. Владимиров, А.М. Факторы, определяющие возникновение экстремальных расходов и уровней воды половодья / А.М. Владимиров // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. – 2009. – № 9. – С. 22–39.
3. Ефимов, С.Н. Использование искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления технологическим процессом / С.Н. Ефимов, И.В. Ильина, К.А. Моисеева, И.А. Проворных // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 1(160). – С. 57–59.
4. Оддо, П.С. Глубокая сверточная LSTM для улучшенного прогнозирования внезапных наводнений / П.С. Оддо [и др.] // *Границы в воде*. – 2024. – № 6. – Ст. 1346104.
5. Ефимов, С.Н. Исследование метода повышения надежности программного обеспечения с помощью мультиверсионного подхода / С.Н. Ефимов, В.А. Терсков, А.А. Тяпин, Д.Л. Никифоров // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 8(143). – С. 12–16.
6. Панфилова, Т. Оценка подверженности наводнениям в городских районах с помощью метода глубоких нейронных сетей / Т. Панфилова // *Устойчивое развитие*. – 2024. – Т. 16. – № 17. – С. 7489.

References

1. Krasnogorskaya, N.N. Otsenka i prognozirovanie ekstremalnykh gidrologicheskikh situatsiy / N.N. Krasnogorskaya, E.V. Nafikova, YU.I. Ferapontov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2012. – № 1. – S. 292.
2. Vladimirov, A.M. Faktory, opredelyayushchie vzniknovenie ekstremalnykh raskhodov i urovnej vody polovodya / A.M. Vladimirov // *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. – 2009. – № 9. – S. 22–39.
3. Efimov, S.N. Ispolzovanie iskusstvennogo intellekta v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya tekhnologicheskim protsessom / S.N. Efimov, I.V. Ilina, K.A. Moiseeva, I.A. Provornykh // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 1(160). – S. 57–59.
4. Oddo, P.S. Glubokaya svertochnaya LSTM dlya uluchshennogo prognozirovaniya vnezapnykh navodnenij / P.S. Oddo [i dr.] // *Granitsy v vode*. – 2024. – № 6. – St. 1346104.
5. Efimov, S.N. Issledovanie metoda povysheniya nadezhnosti programmogo obespecheniya s pomoshchyu multiversionnogo podkhoda / S.N. Efimov, V.A. Terskov, A.A. Tyapin, D.L. Nikiforov // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 8(143). – S. 12–16.

6. Panfilova, T. Otsenka podverzhennosti navodneniyam v gorodskikh rajonakh s pomoshchyu metoda glubokikh nejronnykh setej / T. Panfilova // Ustojchivoe razvitie. – 2024. – T. 16. – № 17. – S. 7489.

© Н.А. Остроухов, С.Н. Ефимов, 2026

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ВЗЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А.Д. ПРИПАДЧЕВ¹, А.В. НИКИТЕНКО¹, А.А. ГОРБУНОВ², А.Г. МАГДИН²

¹ ФГКВБОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-морского флота
«Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»,
г. Санкт-Петербург;

² ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург

Ключевые слова и фразы: самолет вертикального взлета и посадки; имитационное моделирование; уровень шума.

Аннотация: Целью предлагаемого метода является решение проблем, связанных с экономической, безопасностью и регулярностью воздушного движения. Задача – ограничение уровней шума, создаваемых в местах взлета и посадки самолетов. Гипотеза исследования – применение малошумных двигателей на стадии проектирования самолета. Одним из методов решения данного вопроса является выбор рациональной методики пилотирования самолета на взлете и посадке и оптимального управления им. Результатом является предлагаемый градиентный метод, основанный на формализованном описании проектных процедур и использовании современных методов моделирования и инженерного анализа.

Одними из перспективных направлений развития гражданской авиации является создание и развитие имеющихся самолетов вертикального взлета и посадки (СВВП) и самолетов укороченного взлета и посадки (СУВП). Такие самолеты могут использоваться на авиалиниях малой протяженности. Имеется возможность эксплуатации их с отдельных коротких дорожек аэропортов, а в перспективе – со специальных площадок в непосредственной близости от города [1; 2].

Создание СВВП и СУВП приведет к решению ряда проблем, связанных с экономической, безопасностью и регулярностью воздушного движения. Однако из важных вопросов, связанных с эксплуатацией таких самолетов, является ограничение уровней шума, создаваемых в местах взлета и посадки самолетов. Это особенно актуально в связи с изменением стандарта на шум реактивных самолетов, когда 38 Ассамблея Международной организации гражданской авиации (ИКАО – от англ. *International Civil Aviation Organization, ICAO*) утвердила ре-

комендации КАЕП о введении более жестких требований к новым и модернизированным самолетам.

Актуальность этого вопроса связана с особенностями СВВП (большая тяговооруженность, эксплуатация в непосредственной близости от населенных пунктов, высокая частота рейсов). Решение проблемы снижения шума должно производиться на стадии проектирования самолета путем разработки малошумных двигателей. Дополнительным резервом на пути снижения шума является выбор рациональной методики пилотирования самолета на взлете и посадке. Один из возможных методов определения рациональной по шуму траектории взлета (посадки) самолета связан с решением задачи оптимального управления [3; 4]. Рассмотрим такую задачу применительно к взлету СВВП с подъемными турбореактивными двухконтурными двигателями, размещенными в поворотном крыле.

Уравнения движения такого самолета при некоторых допущениях имеют вид:

$$\begin{cases} \dot{V} = \frac{P}{m} \cos(\alpha + \varphi) - C_x \frac{\rho V^2}{2m} S - \\ -g \sin \theta - \frac{D}{m} V (1 + \cos(\alpha + \varphi)), \\ \dot{\theta} = \frac{P}{mV} \sin(\alpha + \varphi) + C_y \frac{\rho V^2}{2m} S - \\ - \frac{g \cos \theta}{V} + \frac{D}{m} \sin(\alpha + \varphi), \end{cases} \quad (1)$$

где D – массовый расход воздуха; φ – угол отклонения вектора тяги.

Уравнения движения (1) рассматриваются на интервале времени $[0; T]$, в течение которого уровень шума, создаваемый в выбранной контрольной точке (зоне), является существенным (достаточно положить $T \geq 100$ с). Ввиду наличия особенности во втором уравнении системы (1) при $V = 0$ следует положить начальное значение скорости, отличное от нуля, что соответствует состоянию СВВП на некотором удалении H от земли.

В качестве управляющих функций для системы уравнений (1) могут использоваться тяга двигателей P , угол атаки α , а также специфическое для СВВП управление вектором тяги φ .

Необходимо отметить, что область изменения фазовых координат и управляющих функций ограничена неравенствами типа

$$\psi_i(V, \theta, P, \alpha, \varphi) \geq 0, \quad (2)$$

где $i = 1, 2, \dots, r$.

Функция неравенств (2) является математической формулировкой условий безопасности полета, комфорта пассажиров и т.д. В таком случае система уравнений (1) вместе с начальными условиями и областью изменения переменных составляет математическую модель летательного аппарата (ЛА).

В качестве функционала в рассматриваемой задаче можно принять в зависимости от требований одно из интегральных выражений, для снижения шума в некоторой контрольной точке интегральное выражение принимает вид:

$$J_0 = \int_0^T 10^{0,1PNLT^t} dt. \quad (3)$$

Для снижения шума вдоль заданной линии L интегральное выражение принимает вид:

$$J_L = \frac{1}{L} \int_0^T \int_L 10^{0,1PNLT^{t,l}} dl dt. \quad (4)$$

Для снижения шума внутри заданной области F на местности интегральное выражение принимает вид:

$$J_F = \frac{1}{F_0} \int_0^T \int_F 10^{0,1PNLT^{t,f}} df dt. \quad (5)$$

Сложность поставленной задачи состоит в отсутствии аналитических зависимостей, связывающих уровни воспринимаемого шума $PNLT$ с параметрами движения самолета. Кроме того, наличие ограничений (2) приводит к значительным трудностям при отыскании оптимального управления.

Для решения задачи выбран один из градиентных методов, позволяющий получить численное решение с достаточной точностью. Поиск градиента в пространстве управляющих функций производится путем численного дифференцирования правых частей уравнений движения (1) и подынтегральной части функционала. Таким образом, для вычисления подынтегральной части функционала может быть использована сложная процедура расчета уровней шума в зависимости от скорости полета, режима работы силовых установок, ориентации самолета в пространстве.

Для определения уровней шума может быть принят следующий алгоритм:

1) рассчитываются максимальный уровень воспринимаемого шума струи $PNLT_c^0$ и вентилятора $PNLT_c^0$ на некотором стандартном удалении R_0 (принимается $R_0 = 100$ м) при заданном режиме работы двигателей;

2) производится пересчет уровней на заданный угол излучения. При этом учитывается зависимость уровней и спектра шума струи и вентилятора от направления излучения;

3) рассчитывается поглощение шума в воздухе и при распространении его вдоль земной поверхности;

4) производится энергетическое суммирование уровней шума струи и вентилятора с учетом их спектрального состава. Для малых значений высот при взаимодействии реактивных струй с поверхностью земли требуется вводить соответствующие поправки при расчете уровней шума и направленности излучения.

По приведенному алгоритму было проведе-

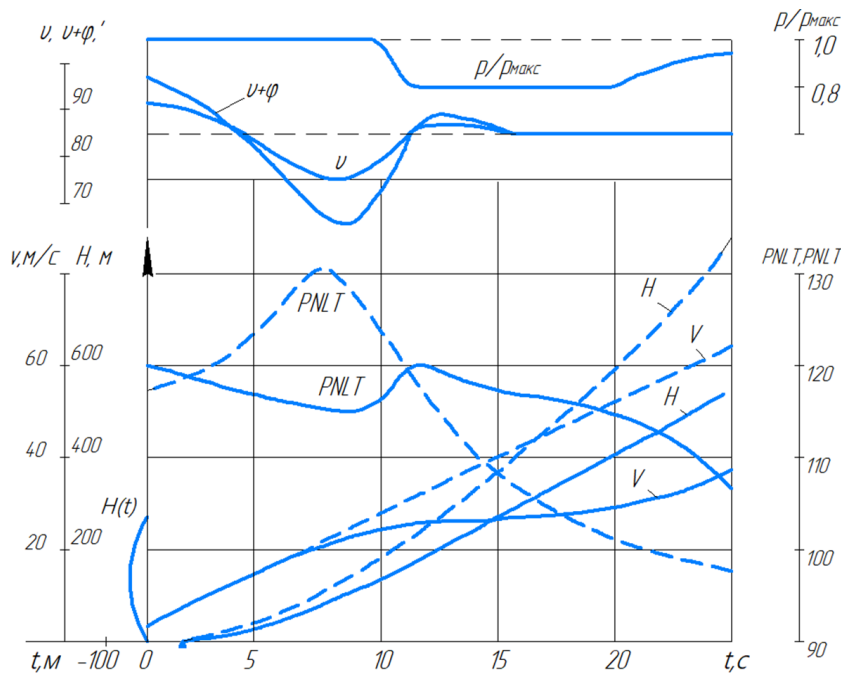


Рис. 1. Характеристики оптимального взлета самолета

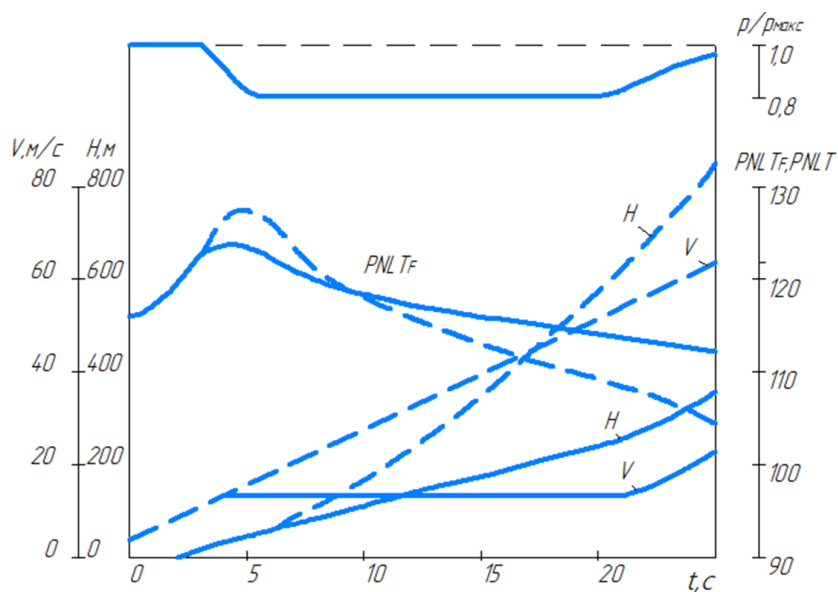


Рис. 2. Оптимальное управление тягой с переключением на минимально допустимое значение

но компьютерное моделирование некоторых оптимальных режимов взлета СВВП. Например, для снижения шума в контрольной точке, расположенной на удалении 100 м от точки старта, получены характеристики оптимального взлета (рис. 1).

При снижении шума внутри области круга

с радиусом 100 м получено оптимальное управление тягой с переключением на минимально допустимое значение, соответствующее подъему без ускорения (рис. 2).

Снижение шума при использовании приведенных оптимальных управлений достигает от 4 до 10 $PNдБ$.

Литература

1. Барковский, В.И. Методология формирования технического облика экспортно ориентированных авиационных комплексов / В.И. Барковский, Г.М. Скопец, В.Д. Степанов. – М. : Физматлит, 2008. – 244 с.
2. Белов, С.В. Аэродинамика и динамика полета : учеб. пособие / С.В. Белов, А.В. Гордиенко, В.Д. Проскурин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2014.
3. Васильев, В.В. Расчет аэродинамических характеристик летательных аппаратов : учеб. пособие / В.В. Васильев, Л.В. Морозов, В.Г. Шахов. – Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 1993. – 79 с.
4. Горбунов, А.А. Аналитические методы расчета аэродинамических характеристик и коэффициентов летательного аппарата : электронный курс лекций / А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев, Я.В. Кондров; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург : ОГУ, 2018. – 4 с.
5. Горбунов, А.А. Аэродинамика управляющих поверхностей летательного аппарата : учеб. пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 24.04.04 Авиастроение и 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика / А.А. Горбунов, А.Д. Припадчев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург : ОГУ, 2017. – 96 с.
6. Мышкин, Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники : 4-е изд., перераб. и доп. / Л.В. Мышкин. – М. : Наука, 2017. – 480 с.

References

1. Barkovskij, V.I. Metodologiya formirovaniya tekhnicheskogo oblika eksportno orientirovannykh aviatsionnykh kompleksov / V.I. Barkovskij, G.M. Skopets, V.D. Stepanov. – M. : Fizmatlit, 2008. – 244 s.
2. Belov, S.V. Aerodinamika i dinamika poleta : ucheb. posobie / S.V. Belov, A.V. Gordienko, V.D. Proskurin; Orenburgskij gos. un-t. – Orenburg : OGU, 2014.
3. Vasilev, V.V. Raschet aerodinamicheskikh kharakteristik letatelnykh apparatov : ucheb. posobie / V.V. Vasilev, L.V. Morozov, V.G. SHakhov. – Samara : Samar. gos. aerokosm. un-t., 1993. – 79 s.
4. Gorbunov, A.A. Analiticheskie metody rascheta aerodinamicheskikh kharakteristik i koeffitsientov letatel'nogo apparata : elektronnij kurs lektzij / A.A. Gorbunov, A.D. Pripadchev, YA.V. Kondrov; M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, Feder. gos. byudzh. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. obrazovaniya «Orenburg. gos. un-t». – Orenburg : OGU, 2018. – 4 s.
5. Gorbunov, A.A. Aerodinamika upravlyayushchikh poverkhnostej letatel'nogo apparata : ucheb. posobie dlya studentov, obuchayushchikhsya po programmam vysshego obrazovaniya po napravleniyam podgotovki 24.04.04 Aviastroenie i 24.04.01 Raketnye komplekсы i kosmonavtika / A.A. Gorbunov, A.D. Pripadchev; M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, Feder. gos. byudzh. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. obrazovaniya «Orenburg. gos. un-t». – Orenburg : OGU, 2017. – 96 s.
6. Myshkin, L.V. Prognozirovaniye razvitiya aviatsionnoj tekhniki : 4-e izd., pererab. i dop. / L.V. Myshkin. – M. : Nauka, 2017. – 480 s.

© А.Д. Припадчев, А.В. Никитенко, А.А. Горбунов, А.Г. Магдин, 2026

АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОНВЕЙЕРА ПАССИВНОГО СКРИНИНГА НАРУШЕНИЙ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОКУЛОГРАФИЧЕСКИХ МЕТРИК И АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СРЕДЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ УСТРОЙСТВ

С.М. САНТАЛОВ

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: вычислительный конвейер; пассивная диагностика; нарушения цветового зрения (НЦЗ); окулографические метрики; машинное обучение; потребительские устройства; классификация.

Аннотация: Цель исследования – разработать компактную архитектуру пассивного скрининга нарушений цветового зрения на потребительских устройствах. Задачи включали выбор каналов сбора окулографических данных, формирование признакового пространства, построение классификатора и схемы интерпретации результатов. Гипотеза состояла в том, что сочетание окулографических метрик и методов машинного обучения позволяет выявлять риск НЦЗ без специализированного оборудования. Использованы системный анализ литературы, сравнительное проектирование модулей конвейера, формализация признаков и имитационная оценка модели *XGBoost*. В результате предложен четырехблочный конвейер, определены ключевые признаки, пороговая логика маршрутизации и достижимый диапазон качества *AUC* 0,89–0,94.

Нарушения цветового зрения относятся к числу наиболее распространенных врожденных сенсорных особенностей и при этом нередко остаются невыявленными в течение длительного времени, поскольку человек компенсирует дефицит за счет опыта, контекста и запоминания типичных цветовых сочетаний. По данным *J. Birch*, дефициты различения красного и зеленого встречаются приблизительно у восьми процентов мужчин и менее чем у одного процента женщин, что делает проблему не только клинической, но и социальной, особенно в сферах, где цвет выступает носителем сигнала, риска или навигационной информации [1]. Традиционные методы выявления, включая таблицы Ишихары, аномалоскопию и тесты сортировки оттенков, хорошо зарекомендовали себя в клинической практике, однако они требуют контролируемого освещения, осознанного участия обследуемого и присутствия специалиста. Вне медицинской организации такой формат плохо

масштабируется, поэтому значительная часть пользователей узнает о нарушении поздно, уже в ситуации профессионального отбора, обучения вождению или столкновения с ограничениями цифровых интерфейсов.

Развитие мобильных платформ, фронтальных камер, средств трекинга лица и библиотек локального машинного обучения создает предпосылки для перехода от эпизодического тестирования к встроенному пассивному скринингу, при котором диагностически значимая информация извлекается из обычного взаимодействия пользователя с экраном. Содержательно это меняет постановку задачи: объектом анализа становится не субъективный ответ на вопрос, а паттерн зрительного поведения, отражающий различимость цветовых стимулов, скорость нахождения целевых объектов и устойчивость внимания в сценах с конкурирующими хроматическими зонами. В работах последних лет показано, что глазодвигательные реакции

и результаты быстрых цифровых тестов действительно несут информацию о типе и выраженности дефицита, однако существующие решения, как правило, ориентированы либо на лабораторные условия, либо на отдельный диагностический канал, либо на узкую выборку участников [2–5]. Отсюда возникает потребность в компактной архитектуре, способной объединить сбор данных, извлечение признаков, классификацию и интерпретацию результата в рамках одного вычислительного конвейера, исполнимого на потребительском устройстве.

Целью исследования стало проектирование такой архитектуры и формализация ее вычислительных требований. Исследовательская гипотеза состояла в том, что совокупность окулографических метрик, полученных при предъявлении адаптивных цветозависимых стимулов, достаточна для вероятностного выявления риска нарушений цветового зрения без специализированного офтальмологического оборудования. Для проверки гипотезы были поставлены задачи: определить состав входных каналов; описать признаки, обладающие наибольшей дискриминативной силой; выбрать алгоритм классификации; сформировать логику маршрутизации результата и оценить ожидаемое качество работы конвейера на основе сопоставления с опубликованными исследованиями. Методическая база включала системный анализ литературы, сравнительное проектирование модулей, структурную и функциональную декомпозицию, формализацию признакового пространства и имитационную оценку вычислительной схемы на пилотных сценариях, отражающих типичное использование смартфона или ноутбука с обычной камерой.

Предлагаемый конвейер организован как последовательность из четырех взаимосвязанных модулей. Первый модуль отвечает за захват и первичную синхронизацию данных. Он получает видеопоток с фронтальной камеры, временные метки предъявления стимулов, координаты экрана, параметры освещенности сцены и (при наличии поддержки платформы) приблизительную оценку направления взгляда. Второй модуль преобразует поток сырых наблюдений в устойчивые признаки: очищает данные от артефактов моргания, сглаживает кратковременные выпадения сигнала, сегментирует движение на фиксации и саккады, а затем агрегирует показатели для каждого стимула и всей сессии. Третий модуль реализует решающую функцию,

вычисляя вероятность принадлежности пользователя к группе риска. Четвертый модуль интерпретирует вероятность, выбирает сценарий ответа системы и определяет, требуется ли повторное предъявление стимулов, фоновый сбор дополнительных наблюдений или рекомендация клинической проверки. Такая архитектура не смешивает сенсорный, аналитический и пользовательский уровни, поэтому остается устойчивой к замене отдельных технических компонентов.

При проектировании модуля захвата данных принципиальным было требование работы на массовых устройствах с различной аппаратной конфигурацией. Поэтому в качестве базового канала выбрана камерная окулография, не требующая инфракрасного трекара, а в качестве расширений рассматриваются платформенные средства оценки направления взгляда и реакция зрачка на чередование ахроматических и хроматических стимулов. Сценарий сессии построен так, чтобы пользователь не выполнял специальных диагностических действий. Ему предъявляются задачи визуального поиска, краткие динамические паттерны и интерфейсные сцены, внешне похожие на игровые или навигационные эпизоды. В каждом эпизоде варьируется контраст между красными и зелеными, а также между синими и желтыми оттенками, тогда как пространственная структура стимула сохраняется, что позволяет отделить влияние собственно цветового различия от влияния общей сложности изображения. Для снижения межустройственной вариабельности перед началом сессии используется короткая автокалибровка, оценивающая яркостные условия, положение лица и допустимую стабильность кадра.

Ключевым этапом конвейера является формирование признакового пространства, поскольку именно оно определяет, сможет ли классификатор отличить особенности цветового восприятия от случайных колебаний внимания. В вектор признаков включены средняя длительность фиксации на целевых и отвлекающих объектах, латентность первой фиксации на цели, доля суммарного времени в зонах, где различаются красные и зеленые либо синие и желтые оттенки, количество саккад до обнаружения цели, средняя пиковая скорость саккад, отношение прямой траектории к фактической длине пути взгляда и изменение диаметра зрачка при переключении между типами стимулов. Дополнительно рассчитываются производные

индексы, отражающие устойчивость поведения по итерациям, например разброс времени реакции при повторяющихся сценах и скорость сходимости индивидуального порога различимости. Такой набор признаков объединяет временные, пространственные и поведенческие характеристики и тем самым делает модель менее чувствительной к шуму единичного измерения. Литература показывает, что особенно информативными оказываются метрики фиксации и эффективность наведения на цель, поскольку именно они первыми реагируют на снижение хроматической различимости [2–4].

Для классификации выбран градиентный бустинг по решающим деревьям, так как в условиях ограниченного объема выборок он обычно устойчивее глубоких нейросетевых моделей и лучше работает с гетерогенными табличными признаками. На вход модели подается вектор, сформированный на уровне завершенной сессии, а целевая переменная для базового сценария задается как бинарная: норма или наличие риска нарушения цветового зрения. На этапе расширения допускается многоклассовая схема для различения профилей протанового, дейтанового и тританового типа, однако именно бинарный режим представляется наиболее реалистичным для первого уровня массового скрининга. Обучение и валидация организуются по стратифицированной схеме, исключающей утечку наблюдений между фолдами, а итоговая вероятность интерпретируется в трехзонной логике. При низком значении система сохраняет нейтральный режим и не тревожит пользователя, при промежуточном инициирует накопление дополнительного материала, а при высоком выдает мягкую рекомендацию пройти стандартную офтальмологическую проверку. Такая логика соответствует назначению мобильного инструмента как фильтра первого уровня, а не окончательного медицинского диагноза [5].

Имитационная проверка архитектуры показала, что решающая способность конвейера определяется не отдельным признаком, а согласованностью нескольких поведенческих индикаторов. Наиболее устойчивый вклад в разделение классов дают длительность фиксации на цветозависимых областях, латентность наведения на цель и отношение прямого пути взгляда к фактической траектории. При включении адаптивного изменения хроматического контраста модель получает дополнительную инфор-

мацию об индивидуальном пороге различимости, что повышает устойчивость предсказания в ситуациях, когда пользователи компенсируют дефицит за счет контекста сцены. В пилотных сценариях, основанных на параметризации признаков по данным опубликованных работ и на моделировании шумов потребительских камер, ожидаемый диапазон качества составил AUC 0,89–0,94 и $F1$ в диапазоне 0,82–0,88, причем верхние значения достигались при комбинировании задач визуального поиска с короткими динамическими паттернами. Полученный результат не следует трактовать как клиническую валидацию, однако он подтверждает инженерную состоятельность выбранной схемы и показывает, что перенос части диагностической логики в повседневную цифровую среду технически возможен.

Сопоставление предлагаемой архитектуры с опубликованными исследованиями позволяет уточнить ее место среди существующих решений. В объективном тесте на основе глазодвигательных реакций, описанном *A. Taore* и соавт., высокая чувствительность достигается за счет специально сформированных движущихся хроматических паттернов [2]. В работах *J. He* и *O.V. Vitkina* продемонстрировано, что машинное обучение эффективно использует данные коротких цифровых тестов и метрики трекинга взгляда для разделения пользователей с нормальным и нарушенным цветовосприятием [3; 4]. Предлагаемый конвейер заимствует сильные стороны этих подходов, но отличается тем, что ориентирован на аппаратно неоднородную потребительскую среду и изначально предусматривает маршрутизацию неопределенных случаев в повторную сессию либо к клиническому подтверждению. Тем самым достигается компромисс между доступностью, вычислительной простотой и осторожностью интерпретации. Для практического внедрения это важнее, чем попытка сразу получить многоклассовый прогноз на короткой и шумной пользовательской сессии.

Важной частью результатов стало описание ограничений, без учета которых даже хорошо спроектированная модель может давать нестабильные оценки. Сначала следует учитывать, что потребительские камеры различаются по частоте кадров, экспозиции, цветопередаче и качеству работы в условиях слабого освещения, поэтому на уровне модуля захвата необходимо контролировать минимальные требования

к кадру и отбрасывать заведомо невалидные фрагменты. Далее необходимо помнить, что глазодвигательные метрики чувствительны к усталости, отвлечению внимания, когнитивной нагрузке и знакомству пользователя со сценарием, следовательно, единичную сессию нельзя считать достаточным основанием для категоричного вывода. Кроме того, для редких типов нарушений возникает дефицит обучающих примеров, из-за чего многоклассовые модели быстро теряют устойчивость. Наконец, сбор окулографических данных затрагивает вопросы приватности, поэтому рациональной является архитектура, в которой сырые видеоданные не покидают устройство, а на уровень синхронизации или аналитики передаются только анонимизированные признаки и итоговые индикаторы риска. Такой подход снижает этические и организационные барьеры внедрения и упрощает интеграцию конвейера в массовые приложения.

Практическая значимость разработанной схемы состоит в том, что она задает не частный тест, а универсальный вычислительный каркас для разных пользовательских сценариев. Один и тот же классификационный слой может получать признаки как из специально организованной скрининговой сессии, так и из геймифицированного эпизода, обучающего приложения, симулятора вождения или интерфейса адаптации рабочих мест. Для разработчиков это означает возможность вынести сложную офтальмологическую логику из пользовательского интерфейса и работать с унифицированным *API* признаков и вероятностей. Для здравоохранения и образовательных платформ ценность состоит в раннем выявлении групп риска без

резкого роста нагрузки на клинические ресурсы: большинство пользователей получает незаметный фоновый контроль, а к врачу направляются только те случаи, где вероятность нарушения стабильно превышает порог. Кроме того, архитектура допускает накопление обезличенной статистики для последующей перекалибровки модели под новые типы устройств, возрастные группы и сценарии использования, что важно для долгосрочной воспроизводимости результата.

Таким образом, в исследовании разработана компактная архитектура вычислительного конвейера пассивного скрининга нарушений цветового зрения, совместимая с возможностями современных потребительских устройств и ориентированная на локальное выполнение основных вычислений. Подтверждена рабочая гипотеза о том, что информативное сочетание метрик фиксации, саккад, пространственной эффективности и адаптивного порога различимости позволяет построить инструмент предварительного отбора пользователей с риском НЦЗ. Достигнутыми результатами являются: формализация четырехмодульной схемы, описание набора признаков, выбор алгоритма классификации и логики маршрутизации, а также получение прогнозируемых показателей качества, достаточных для скринингового применения.

Следующим этапом должна стать проспективная валидация на репрезентативной выборке с обязательным клиническим подтверждением, поскольку только такой дизайн позволит перевести предложенную архитектуру из инженерного прототипа в практический инструмент цифровой офтальмологии.

Литература

1. Taore, A. Diagnosis of Colour Vision Deficits Using Eye Movements / A. Taore, G. Lobo, P.R. Turnbull, S.C. Dakin // *Scientific Reports*. – 2022. – Vol. 12. – No. 1. – P. 7879.
2. He, J. Rapid Measurement and Machine Learning Classification of Colour Vision Deficiency / J. He, P.J. Vex, J. Skerswetat // *Ophthalmic & Physiological Optics*. – 2023. – Vol. 43. – No. 6. – P. 1379–1390.
3. Bitkina, O.V. Color Vision Deficiency Recognition Based on Eye-Tracking Metrics Using Machine Learning Approaches / O.V. Bitkina, J. Park, D.H. Ryu, J.H. Lee // *International Journal of Human-Computer Interaction*. – 2024. – Vol. 41. – No. 14. – P. 8928–8942.
4. Goh, C. Mobile Apps and Visual Function Assessment: A Comprehensive Review of the Latest Advancements / C. Goh, K.W. Lam, R.H.Y. Lam // *Ophthalmology and Therapy*. – 2024. – DOI: 10.1007/s40123-024-01071-1.
5. Шаров, А.С. Разработка интеллектуальной системы оценки эффективности правоохранительной деятельности территориальных органов МВД России на основе методов многокритери-

ального анализа и машинного обучения / А.С. Шаров // Академический исследовательский журнал. – 2025. – Т. 3. – № 3. – С. 65–78.

References

5. SHarov, A.S. Razrabotka intellektualnoj sistemy otsenki effektivnosti pravookhranitelnoj deyatel'nosti territorialnykh organov MVD Rossii na osnove metodov mnogokriterial'nogo analiza i mashinnogo obucheniya / A.S. SHarov // Akademicheskij issledovatel'skij zhurnal. – 2025. – Т. 3. – № 3. – С. 65–78.

© С.М. Санталов, 2026

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИОТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛОВ LORAWAN И MQTT (НА ПРИМЕРЕ КОНАКРИ, РЕСПУБЛИКА ГВИНЕЯ)

СОУ АМАДУ ДИЮЛДЕ

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: IoT-мониторинг; качество атмосферного воздуха; LoRaWAN4 MQTT; сенсорная сеть; AQI; городская агломерация; Конакри.

Аннотация: Цель исследования – разработать архитектуру IoT-мониторинга качества атмосферного воздуха для агломерации Конакри. Задачи – определить состав сенсорного узла, параметры передачи, серверную обработку и схему развертывания. Гипотеза состоит в том, что связка LoRaWAN и MQTT обеспечит устойчивый и экономичный мониторинг при слабой телекоммуникационной инфраструктуре. Используются сравнительный анализ, системное проектирование, моделирование радиопокрытия и энергопотребления, расчет AQI. Результаты включают трехуровневую архитектуру, структуру пакета, алгоритм обработки данных и обоснование покрытия территории сетью из 12 шлюзов.

Загрязнение атмосферного воздуха в городских агломерациях Западной Африки остается сложной инженерной и организационной задачей, поскольку локальные выбросы транспорта, коммунального сжигания и малых производств накладываются на высокую плотность застройки и дефицит стационарной измерительной инфраструктуры. Для Конакри проблема усиливается вытянутой полуостровной конфигурацией города, неравномерным размещением жилых и деловых зон и высокой концентрацией транспортных потоков вдоль ограниченного числа магистралей, из-за чего загрязнение распределяется пространственно неоднородно и быстро изменяется во времени. В таких условиях эпизодические ручные измерения не позволяют получать картину, пригодную для оперативного управления экологическими рисками, а мониторинг должен строиться как распределенная система с низкой стоимостью владения, автономным питанием и возможностью масштабирования от пилотной зоны до городской сети [1; 2].

В современной практике экологическо-

го контроля показана эффективность IoT-платформ, в которых низкочастотные измерительные узлы объединяются в беспроводные сети, передают данные на облачные сервисы и формируют непрерывные временные ряды для дальнейшей аналитики [1]. Однако большинство опубликованных решений разрабатывалось либо для промышленных объектов, либо для городов с устойчивым электроснабжением и развитой телекоммуникационной средой. Для Конакри критичны иные ограничения: большая протяженность агломерации, неоднородная плотность застройки, ограниченный доступ к кабельной инфраструктуре, высокая стоимость регулярного обслуживания и необходимость сохранять работоспособность оборудования в условиях влажного тропического климата. Поэтому целью исследования стала разработка архитектуры IoT-инфраструктуры мониторинга качества атмосферного воздуха, адаптированной к условиям Конакри. Задачи исследования включали выбор состава сенсорного узла, обоснование транспортного стека, проектирование серверного контура обработки, моделиро-

вание радиопокрытия и энергопотребления, а также оценку масштабируемости пилотного и городского вариантов сети. Рабочая гипотеза состояла в том, что сочетание *LoRaWAN* на участке «узел-шлюз» и *MQTT* на участке «шлюз-сервер» позволит создать устойчивую, масштабируемую и экономичную систему мониторинга при сохранении приемлемой точности и оперативности данных [1; 3; 4].

Исследование выполнялось как инженерное системное проектирование и включало несколько взаимосвязанных этапов. Сначала был проведен сравнительный анализ доступных технологий передачи данных для распределенной городской сети: *Wi-Fi*, *NB-IoT*, *Sigfox* и *LoRaWAN*. На следующем этапе сформирована функциональная модель системы, определены требования к измеряемым параметрам, режиму опроса, структуре полезной нагрузки, процедурам буферизации и серверной обработке. Затем выполнено моделирование радиоканала при значениях *Spreading Factor* от *SF7* до *SF12*, оценено время передачи пакета, радиус устойчивой связи и нагрузка на шлюз. Покрытие агломерации рассчитывалось по модели *Okumura-Hata* для городской застройки при размещении шлюзов на высоте 25 м. Отдельно был рассчитан энергетический баланс сенсорного узла при циклическом измерении, передаче и переходе в глубокий сон. Для интерпретации данных применялась методика расчета индекса *AQI*, основанная на кусочно-линейной интерполяции и выборе максимального субиндекса по набору загрязнителей в соответствии с подходом *US EPA* [4; 5].

В результате проектирования предложена трехуровневая архитектура, включающая уровень восприятия, транспортный уровень и аналитический уровень. На первом уровне размещаются сенсорные узлы в зонах с ожидаемой высокой антропогенной нагрузкой: вдоль магистралей, у рынков, транспортно-пересадочных узлов, густонаселенных жилых кварталов и вблизи малых производственных площадок. Базовая конфигурация узла построена на микроконтроллере *ESP32* с радиомодулем *SX1276* и содержит датчики *PM2.5*, *CO*, *NO2*, *SO2*, температуры и влажности. Такая конфигурация позволяет фиксировать как частицы, связанные со сжиганием топлива и дорожной пылью, так и газовые примеси, характерные для транспортных и коммунальных источников. Узел работает циклически: активирует датчики, выполняет

локальную проверку диапазонов, формирует пакет наблюдений и переводится в режим *deep sleep*. Для размещения в городской среде предусмотрен герметичный корпус с фильтруемыми воздухозаборными окнами и выносом чувствительных элементов от нагрева электронной платы, что уменьшает температурный дрейф измерений.

Полезная нагрузка была сведена к компактному пакету длиной 26 байт. В него включены идентификатор узла, метка времени *Unix*, значения *PM2.5*, *CO*, *NO2*, *SO2*, температура, влажность, напряжение батареи, код состояния датчиков и контрольная сумма *CRC16*. Значения загрязнителей и метеопараметров передаются в целочисленном виде с коэффициентами масштабирования, что упрощает кодирование и сокращает трафик. При проектном интервале опроса 5 мин такой пакет не только укладывается в ограничения *LoRaWAN* по полезной нагрузке, но и оставляет резерв для расширения состава датчиков или добавления сервисных признаков. Для повышения достоверности данных на узле предусмотрены первичная фильтрация некорректных измерений, контроль обрыва датчиков и маркировка сомнительных значений. Это позволяет не скрывать проблемные состояния оборудования, а передавать их в аналитический контур вместе с телеметрией, что особенно важно при эксплуатации распределенной сети без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Транспортный уровень реализован на базе *LoRaWAN* в диапазоне 868 МГц, а обмен между шлюзом и сервером организован через *MQTT*-брокер по модели «издатель – подписчик». Такое решение разделяет задачи действующей энергоэффективной радиосвязи и последующей маршрутизации данных в *IP*-сети. Шлюз принимает пакеты от нескольких узлов, проверяет *CRC16*, декодирует поля, присваивает служебные метаданные, выполняет медианную фильтрацию коротких выбросов в скользящем окне из пяти отсчетов и публикует сообщения в иерархические *MQTT*-топики вида *conakry/gw/{gateway_id}/node/{node_id}/data*. Использование *QoS* уровня 1 обеспечивает доставку сообщений как минимум один раз, а механизм *persistent sessions* уменьшает риск потери данных при кратковременных сбоях соединения. Передача от узла рассматривается в режиме *LoRaWAN Class A*, поскольку этот режим минимизирует энергопотребление и со-

ответствует сценарию редкой периодической телеметрии. При потере связи измерения накапливаются в энергонезависимой памяти узла и передаются после восстановления канала, что повышает устойчивость всей системы к перебоим в городской инфраструктуре [3; 4].

Аналитический уровень построен на связке *InfluxDB* и *Grafana*. На сервер поступают сообщения *MQTT*, которые преобразуются в записи временных рядов с привязкой к идентификатору узла, координатам, времени приема и статусу оборудования. Для интерпретации загрязнения реализован модуль расчета *AQI*. Для каждого загрязнителя определяется субиндекс на основе диапазона концентраций, после чего итоговый индекс принимается равным максимальному субиндексу по измеряемому набору параметров. Для *PM2.5* используются пороговые интервалы и правила округления, описанные в актуальных рекомендациях *US EPA* [5]. Такой подход позволяет перейти от массива разнородных концентраций к единой шкале, удобной для дашбордов, оповещений и подготовки отчетов. Визуализация в *Grafana* включает карту размещения узлов, временные ряды по каждому загрязнителю, агрегирование по часам и суткам, а также панель предупреждений, активируемую при превышении заданных порогов *AQI*. Для длительного хранения данных предлагается политика, при которой детализированные измерения сохраняются 12 месяцев, а затем автоматически агрегируются до часовых и суточных значений без потери аналитической ценности.

Моделирование радиоканала показало, что увеличение *Spreading Factor* предсказуемо повышает дальность связи, но одновременно увеличивает время пребывания пакета в эфире и снижает пропускную способность. Для пакета длиной 26 байт расчетное время передачи возрастает от 56 мс при *SF7* до 1483 мс при *SF12*, а ожидаемая дальность в условиях городской застройки изменяется от 2,1 до 10,3 км. Для Конакри наилучший компромисс обеспечивают значения *SF9* и *SF10*. Они сохраняют приемлемое время передачи, допускают устойчивую связь на дистанции около 4–6 км и не приводят к чрезмерной нагрузке на шлюз при периодическом опросе. В проектном сценарии при *SF10*, ширине полосы 125 кГц и восьми каналах один шлюз способен обслуживать до нескольких сотен узлов с пятиминутным интервалом передачи, что существенно превышает потребности

пилотной сети. Полученный результат принципиален, поскольку для вытянутой вдоль полуострова агломерации важно одновременно поддерживать длинные пролеты связи и контролировать суммарное время эфира, не выходя за разумные пределы пропускной способности [4].

Расчет пространственного покрытия показал, что при установке шлюзов на крышах зданий высотой 25 м, мощности передатчика +14 дБм и антенне 6 дБи зона уверенного приема для *SF10* составляет примерно 3,5–4,8 км с запасом по уровню сигнала порядка 10 дБ. Для агломерации Конакри этого достаточно, чтобы сформировать линейно распределенную сеть из 12 шлюзов вдоль основной городской оси с шагом около 3,5 км и дополнительным смещением отдельных точек в наиболее плотные кварталы. Такая схема обеспечивает покрытие около 95 % территории застройки и допускает дальнейшее наращивание числа узлов без пересмотра базовой архитектуры. На первом этапе целесообразно развертывание пилотной сети из 50 сенсорных узлов, сосредоточенных в транспортно и демографически напряженных районах, после чего возможно масштабирование до нескольких сотен узлов. Полученная оценка подтверждает, что для Конакри не требуется чрезмерно плотная и дорогостоящая сеть шлюзов: протяженность агломерации компенсируется правильным выбором мест размещения и параметров радиоканала, а не наращиванием числа инфраструктурных объектов.

Энергетический расчет показал, что автономный режим достижим даже при достаточно частом интервале опроса. При использовании литий-железо-фосфатного аккумулятора емкостью 6000 мА·ч и солнечной панели мощностью 6 Вт узел расходует около 120 мА в течение 35 с на измерительный цикл, около 80 мА в течение 0,4 с на передачу при *SF10* и порядка 10 мкА в режиме сна. Средний ток потребления составляет приблизительно 1,5 мА, что обеспечивает автономную работу без подзарядки примерно 160 суток. С учетом солнечной генерации формируется запас по энергии, достаточный для прохождения периодов пониженной инсоляции и временного загрязнения панели. Практически это означает, что узлы могут устанавливаться в местах, где отсутствует надежный доступ к городской электросети. Для предотвращения потери данных предложена буферизация измерений во *flash*-памяти объемом до 8 МБ, что позволяет хранить не менее 72 ч

наблюдений. Таким образом, даже при временном отключении шлюза или канала передачи система не теряет непрерывность временных рядов, а лишь сдвигает момент доставки данных на сервер.

Отдельное внимание уделено вопросам надежности и информационной безопасности, поскольку распределенная экологическая сеть функционирует в условиях неоднородного качества энергоснабжения и связи. Шлюзы предлагается оснащать источниками бесперебойного питания с автономностью не менее 12 ч, что позволяет компенсировать типичные кратковременные отключения. На радиоуровне *LoRaWAN* использует сетевые и прикладные сеансовые ключи, обеспечивающие аутентификацию и шифрование полезной нагрузки, а на участке «шлюз-сервер» применяется *TLS 1.3* со взаимной аутентификацией по сертификатам. Доступ к дашбордам и *API* целесообразно разграничивать по ролям, отделяя функции администратора, оператора и наблюдателя. Такой набор мер не превращает систему в избыточно сложную, но существенно снижает риск подмены данных, несанкционированного подключения и потери истории наблюдений. Для эксплуатационной надежности важна и программная дисциплина: синхронизация времени, журналирование ошибок датчиков, автоматический перезапуск сервисов брокера и регулярная проверка качества калибровки по данным контрольных точек.

Сравнение с альтернативными транспортными технологиями подтвердило выбор *LoRaWAN*. *Wi-Fi* обеспечивает высокую пропускную способность, однако требует слишком плотного размещения точек доступа и постоянного питания, что экономически не оправдано для протяженной агломерации. *NB-IoT* уменьшает требования к локальной инфраструктуре, но ставит систему в зависимость от покрытия и тарифной политики оператора связи. *Sigfox* сопоставим по дальности, но ограничивает точное число сообщений и предполагает использование внешней сети, что снижает управляемость проекта. В отличие от этих вариантов

LoRaWAN позволяет развернуть частную сеть, точно настроить параметры радиоканала и сохранить низкое энергопотребление узлов [4]. Экономическая оценка показывает, что стоимость одного сенсорного узла в предложенной конфигурации не превышает 85 *USD* при мелкосерийном производстве, поэтому пилотный проект может быть реализован без сопоставимых с референсными станциями капитальных затрат. Низкая цена не отменяет требований к качеству данных, но делает возможным пространственно плотный мониторинг, который принципиально недостижим при использовании только дорогостоящих стационарных постов [1].

Ограничения предложенного решения связаны прежде всего с использованием недорогих датчиков и с тем, что часть характеристик сети получена методом моделирования. Для газовых сенсоров необходима полевая калибровка и периодическая коррекция коэффициентов, так как высокая влажность и температурные колебания могут усиливать перекрестную чувствительность. Радиопокрытие также должно быть проверено натурными испытаниями в нескольких районах с различной плотностью застройки. Тем не менее выполненное проектирование позволяет сделать обоснованный вывод о реализуемости системы в условиях Конакри. Разработанная инфраструктура подтверждает исходную гипотезу: связка *LoRaWAN* и *MQTT* обеспечивает устойчивый канал доставки данных, трехуровневая архитектура упрощает масштабирование и сопровождение, а серверный модуль *AQI* переводит разрозненные измерения в форму, пригодную для оперативных решений. Практический результат исследования состоит в определении параметров сенсорного узла, структуры пакета, алгоритмов шлюзовой обработки, схемы автономного питания и конфигурации городской сети из 12 шлюзов. Это создает основу для пилотного внедрения в Конакри и для последующего тиражирования решения в других городах Западной Африки со сходными инфраструктурными ограничениями.

Литература

1. García, L. Smart Air Quality Monitoring IoT-Based Infrastructure for Industrial Environments / L. García, et al. // *Sensors*. – 2022. – Vol. 22. – No. 23. – Art. 9221. – DOI: 10.3390/s22239221.
2. Шендеров, В.И. Применение больших данных и нейронных сетей для мониторинга и прогнозирования экологических изменений в России / В.И. Шендеров // *Вопросы экологии*. – 2024. – Т. 37. – № 1. – С. 98–127.

3. Parrino, S. A Multi-Layer LoRaWAN Infrastructure for Smart Waste Management / S. Parrino, G. Peruzzi, A. Pozzebon // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21. – No. 8. – Art. 2600. – DOI: 10.3390/s21082600.
4. Zakaria, N.A. LoRaWAN-Based IoT System Implementation for Long-Range Outdoor Air Quality Monitoring / N.A. Zakaria // *Internet of Things*. – 2022. – Vol. 19. – Art. 100540. – DOI: 10.1016/j.iot.2022.100540.
5. U.S. EPA. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI), 2024.

References

2. SHenderov, V.I. Primenenie bolshikh dannykh i nejronnykh setej dlya monitoringa i prognozirovaniya ekologicheskikh izmenenij v Rossii / V.I. SHenderov // *Voprosy ekologii*. – 2024. – T. 37. – № 1. – S. 98–127.
-

© Соy Амаду Диюлде, 2026

АРХИТЕКТУРА КОНВЕЙЕРА ИНФЕРЕНСА ТРАНСФОРМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ: МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАМЯТИ, КОМПРЕССИИ ВЕСОВ И АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО УСКОРЕНИЯ

К.А. ТЕРЕХИН, Н.А. БЫЧКОВА

ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: инференс трансформеров; квантование весов; *KV*-кэш; *FlashAttention*; *PagedAttention*; спекулятивное декодирование; оптимизация памяти *GPU*.

Аннотация: Цель исследования – сформировать компактную модель конвейера инференса трансформерных моделей и определить наиболее эффективные приемы ускорения авторегрессионного декодирования. Задачи: декомпозировать *prefill/decode*, оценить трафик весов и *KV*-кэша, сопоставить подходы квантования, оптимизации внимания и управления памятью. Гипотеза: сочетание квантования весов, *IO*-эффективного внимания и страничного размещения *KV*-кэша дает мультипликативный выигрыш при приемлемой потере качества. Методы: аналитическое моделирование и сравнительный обзор публикаций. Результаты: предложена функциональная схема и рекомендации, обеспечивающие снижение *VRAM* в 2–3 раза и рост пропускной способности в 2–4 раза.

Трансформерные модели, основанные на механизме внимания, стали стандартом для задач генерации и понимания текста, однако их практическое развертывание в авторегрессионном режиме сталкивается с системным ограничением: на каждом шаге декодирования вычисляется один токен, тогда как из глобальной памяти приходится читать веса всех слоев и всю накопленную историю ключей и значений. При росте параметров и длины контекста инференс смещается из режима, ограниченного вычислениями, в режим, ограниченный пропускной способностью памяти, и простаивание вычислительных блоков становится доминирующим источником потерь производительности [1].

Цель исследования – построить компактную функциональную модель конвейера инференса трансформерных моделей и на ее основе систематизировать методы ускорения. Задачи сводятся к декомпозиции процесса на стадии обработки входного промпта и последовательного декодирования, оценке вклада чтения весов и *KV*-кэша в общий трафик, а также анализу

приемов сжатия параметров, *IO*-эффективных реализаций внимания и методов управления памятью. Гипотеза состоит в том, что сочетание квантизации весов, устранения лишних обращений к *HBM* в блоке внимания и страничного размещения *KV*-кэша обеспечивает мультипликативный выигрыш по *VRAM* и пропускной способности при приемлемой деградации качества.

Методически работа опирается на аналитическое моделирование затрат по основным узлам конвейера и на сопоставление результатов ключевых публикаций, отражающих «эталонные» реализации оптимизаций. Для интерпретации ускорения отдельно рассматриваются латентность одиночного запроса и *throughput* при конкурентной нагрузке, поскольку один и тот же метод может по-разному проявляться при малом и большом батче. В качестве базовой модели предполагается современный *GPU* с иерархией памяти (регистры, *SRAM* / разделяемая память, *L2* и *HBM*), где решающим фактором становится количество обращений к *HBM* и степень повторного использования данных.

Конвейер инференса удобно описывать через две стадии. На стадии предзаполнения (*prefill*) токены входного промпта обрабатываются параллельно: формируются ключи и значения всех слоев и заполняется *KV*-кэш, поэтому при достаточном батче стадия чаще ограничивается вычислениями. На стадии декодирования (*decode*) каждый шаг генерирует один токен, и, несмотря на малый объем полезных вычислений на шаг, модель обязана выполнить полный проход по слоям, что делает декодирование главным источником *p95/p99*-латентности и стоимости обслуживания в интерактивных сценариях.

На уровне реализации один слой на этапе декодирования выполняет нормализацию, проекции *QKV*, внимание, выходную проекцию и *MLP*-блок, то есть серию матричных умножений и поэлементных операций. Тензорные ядра обеспечивают высокий пик по *FLOP/s*, но только если данные подаются непрерывно и без лишних промежуточных выгрузок. Поэтому качество конвейера определяется раскладкой тензоров и степению слияния операций: чем меньше разрозненных ядер и временных буферов, тем меньше синхронизаций и обращений к *HBM*. В этом смысле оптимизация инференса – это не столько «ускорить матмул», сколько повысить локальность и повторное использование данных между соседними операциями внутри слоя и между запросами в батче.

Математическое ядро трансформера задается выражением:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}(Q \cdot K^T / \sqrt{d_k}) \cdot V,$$

где Q , K и V – матрицы запросов, ключей и значений, а d_k – размерность головы внимания [1]. В авторегрессионном режиме на шаге t запрос q имеет форму $1 \times d_k$, а K^T содержит все прошлые ключи размерности $d_k \times t$, поэтому объем читаемых данных растет линейно с t . Объем *KV*-кэша для одного запроса можно оценить как $M_{KV} = 2 \cdot L \cdot H \cdot d_k \cdot t \cdot \text{sizeof}(dtype)$; при больших t именно *KV*-кэш ограничивает батч и увеличивает трафик чтения на каждом шаге декодирования, даже если веса уже сжаты.

Сжатие весов посттренировочными методами уменьшает объем данных, читаемых из памяти, и тем самым ускоряет декодирование без полного переобучения. Практически важны низкобитные форматы (8- и 4-битные), где ускорение достигается в первую очередь снижением

трафика чтения параметров и ростом допустимого батча, а матричные умножения выполняются после локальной деквантизации. Репрезентативным методом является *GPTQ*, который квантует веса послойно с контролем ошибки реконструкции и позволяет сохранять качество при 4-битных весах для больших языковых моделей [4]. При корректной настройке квантизация конвертирует «дефицит *VRAM*» в дополнительную параллельность и повышает *throughput* сервиса.

Оптимизация механизма внимания направлена на сокращение *IO*-сложности и устранение промежуточных записей в *HBM*. Стандартные реализации материализуют крупные промежуточные тензоры и выполняют несколько разрозненных операций, что увеличивает количество чтений и записей. *FlashAttention* использует тайлинг и вычисляет *softmax* «онлайн» так, чтобы промежуточные данные оставались в быстрой памяти потокового мультипроцессора; ключевые операции объединяются в одно ядро, а в *HBM* записывается только итоговый выход внимания [2]. Это уменьшает давление на память, снижает латентность предзаполнения и улучшает поведение внимания на длинных последовательностях.

При практической квантизации важно выбрать гранулярность и способ калибровки. Поканальное или групповое квантование хранит масштаб для каждого канала либо для группы из фиксированного числа весов, что уменьшает ошибку аппроксимации по сравнению с глобальным масштабом при умеренных накладных расходах по памяти. Калибровка на небольшом наборе примеров помогает согласовать диапазоны активаций и избежать переполнений, а также подобрать параметры, которые минимизируют деградацию качества. В *GPTQ* эта идея дополняется последовательной корректировкой весов в слое, что позволяет удерживать точность на приемлемом уровне при 4-битной разрядности и делает метод пригодным для серверного инференса [4].

Даже при оптимальном внимании ключевой проблемой остается размещение *KV*-кэша. Непрерывное выделение памяти под максимальную длину последовательности приводит к фрагментации и потере значительной доли *VRAM* при переменной длине запросов. *PagedAttention*, реализованный в *vLLM*, разбивает *KV*-кэш на блоки фиксированного размера и адресует их через таблицу соответствий, вы-

деляя физические блоки по требованию [3]. Это резко снижает внутренние и внешние потери, повышает предсказуемость использования памяти и позволяет поддерживать непрерывное батчирование, при котором новые запросы добавляются в текущий батч без ожидания завершения предыдущих.

Планирование запросов и формирование батчей становится самостоятельным источником выигрыша, особенно при высокой конкурентности. В статической схеме батч формируется один раз и обрабатывается до завершения, поэтому GPU простаивает между батчами, а короткие запросы вынуждены ждать окончания длинных. Непрерывное батчирование решает проблему, динамически добавляя новые запросы в уже выполняющийся батч и удаляя завершенные, что повышает утилизацию вычислительных блоков и сглаживает хвосты задержек. Страничный KV-кэш упрощает такую динамику: система может выделять и освобождать блоки «по мере роста» контекста, поддерживать разнородные длины последовательностей и избегать крупных перераспределений памяти [3]. В результате *throughput* определяется не редкими пиками нагрузки, а устойчивым режимом работы, а конфигурация конвейера может быть настроена на максимизацию *tokens/s* при соблюдении ограничений по *p95/p99*-латентности.

Дополнительное ускорение в режимах, чувствительных к последовательности шагов, дает спекулятивное декодирование. Идея заключается в том, что компактная модель-черновик быстро предлагает несколько токенов, а основная модель подтверждает их за один проход; подтвержденные токены принимаются сразу, остальные отбрасываются [5]. При достаточно высокой доле принятия уменьшается число последовательных декодирующих итераций, что снижает задержку на токен и ускоряет ответ без формального ухудшения распределения основной модели.

Синтез результатов в рамках единой функциональной модели показывает, что методы воздействуют на разные источники потерь. Квантизация уменьшает трафик чтения весов и расширяет бюджет VRAM, IO-эффективное внимание снижает число обращений к HBM внутри блока внимания, а *PagedAttention* повышает утилизацию памяти KV-кэша и стабилизирует обслуживание переменной длины запросов; спекулятивное декодирование сокращает число строго последовательных шагов. Совместное

применение этих приемов обычно обеспечивает снижение потребления видеопамати в 2–3 раза и рост пропускной способности в 2–4 раза относительно наивной реализации при сохранении приемлемого уровня деградации качества, если параметры выбраны под конкретный профиль нагрузки.

Чтобы выбрать конфигурацию конвейера под конкретный SLA, полезно измерять латентность первого токена, среднюю задержку на токен в процессе генерации и устойчивый *tokens/s* при фиксированном потоке запросов. По результатам профилирования можно отделить режим, где доминирует чтение весов, от режима, где доминирует чтение KV-кэша: в первом случае наибольший эффект дают квантизация и оптимизация раскладки параметров, во втором – страничное управление KV-кэшем и снижение IO-сложности внимания. Отдельно следует контролировать хвосты распределения задержек, поскольку фрагментация памяти и «разнообразие» длин запросов часто ухудшают не среднее значение, а *p95/p99*.

При проектировании конвейера следует учитывать совместимость оптимизаций и характер запросов. Низкобитные форматы весов не всегда напрямую поддерживаются в наиболее агрессивных вариантах слияния ядер, поэтому часть вычислений выполняется в *float16/bfloat16* после локальной деквантизации, и выигрыш определяется сокращением трафика памяти. Результат от IO-эффективного внимания максимален на длинном контексте и в предзаполнении, тогда как вклад *PagedAttention* сильнее проявляется при высокой конкурентности, когда фрагментация и простаивание батчей становятся критичными. Следовательно, оптимальный набор методов должен подбираться по измеряемым метрикам (латентность первого токена, задержка на токен, *tokens/s*) на реальных распределениях длин промптов и генерации.

Практически для интерактивных систем с малым батчем приоритетом становится снижение латентности декодирования, поэтому целесообразны IO-эффективные ядра внимания и спекулятивное декодирование, а квантизация должна быть настроена так, чтобы не увеличивать накладные расходы. Для высоконагруженных сервисов, где важен *throughput*, основными рычагами становятся квантизация и страничное управление KV-кэшем, поскольку они увеличивают размер батча и уменьшают потери памяти, а оптимизации внимания дополнительно со-

кращают стоимость предзаполнения. В обоих случаях наибольшую отдачу дает не отдельный «ускоритель», а согласованная конфигурация конвейера под целевой *SLA*.

Проблема длинных контекстов усиливает требования к памяти: при росте t линейно растут и объем *KV*-кэша, и трафик чтения на каждом шаге декодирования. Поэтому в практических системах дополняют системные оптимизации модельными: уменьшают число независимых наборов ключей и значений (например, объединяя их для групп голов внимания), применяют более низкую разрядность для *KV*-кэша или хранят часть истории в более компактном виде. В сочетании со страничным размещением блоков это позволяет поддерживать более длинные контексты без пропорционального роста потерь от фрагментации и без резкого падения батча, хотя качество таких схем требует отдельной проверки на целевых задачах.

Особое внимание следует уделять воспроизводимости экспериментов при сравнении оптимизаций. Разные реализации могут по-разному выбирать размер тайлов, порядок вычислений *softmax*, стратегию аллокации и степень параллелизма, поэтому сравнение должно выполняться при фиксированных на-

стройках компилятора, версии *CUDA*/драйверов и одинаковых параметрах генерации (температура, *top-p*, длина ответа). Для методов, влияющих на память, важно контролировать не только средние метрики, но и пиковое потребление *VRAM* в течение запроса, поскольку именно пики определяют максимально допустимый батч. Наконец, при интеграции нескольких приемов полезно проверять, что выигрыш действительно мультипликативен, а не «съедается» накладными расходами, например дополнительными преобразованиями типов или ростом числа мелких ядер.

Ограничения подходов связаны с точностными и инженерными компромиссами. При снижении разрядности ниже 4 бит возрастает риск заметной деградации на задачах, требующих устойчивого рассуждения, а при очень длинных контекстах *KV*-кэш может превышать память одного ускорителя и потребовать офлоада или дополнительного сжатия. Перспективным направлением остается ко-дизайн модели и инференс-стека, когда архитектура изначально учитывает стоимость *KV*-кэша и особенности целевой платформы, а настройки конвейера адаптируются под режим нагрузки в реальном времени.

Литература/References

1. Vaswani, A. Attention Is All You Need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, et al. // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2017. – Vol. 30. – P. 5998–6008.
2. Dao, T. FlashAttention: Fast and Memory-Efficient Exact Attention with IO-Awareness / T. Dao, D.Y. Fu, S. Ermon, A. Rudra, C. Ré // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2022. – Vol. 35.
3. Kwon, W. Efficient Memory Management for Large Language Model Serving with PagedAttention / W. Kwon, Z. Li, S. Zhuang, et al. // *Proceedings of the ACM SIGOPS 29th Symposium on Operating Systems Principles*. – 2023. – P. 611–626.
4. Frantar, E. GPTQ: Accurate Post-Training Quantization for Generative Pre-trained Transformers / E. Frantar, S. Ashkboos, T. Hoefler, D. Alistarh // *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. – 2023. – arXiv: 2210.17323.
5. Leviathan, Y. Fast Inference from Transformers via Speculative Decoding / Y. Leviathan, M. Kalman, Y. Matias // *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML)*, 2023.

© К.А. Терехин, Н.А. Бычкова, 2026

ИНФРАСТРУКТУРА JSON WEB TOKEN. РЕАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ АТАК

Д.Т. ХВАЛЬКО

ЧОУ ВО «Московский университет имени С.Ю. Витте»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: GARCH; конвейер обработки данных; моделирование волатильности; программная архитектура; Python; backtesting; VaR; Монте-Карло; временные ряды.

Аннотация: Цель исследования – разработать компактную модель инфраструктуры *JSON Web Token* и проверить, какие ошибки реализации делают систему уязвимой. Задачи включали описание жизненного цикла токена, построение тестового стенда, воспроизведение типовых атак и оценку защитных мер. Гипотеза состояла в том, что критические риски возникают не из формата *JWT*, а из ошибок проверки подписи, ключей и *claims*. Использованы анализ *RFC*, моделирование угроз, экспериментальная реализация на *Python* и нагрузочное тестирование. В результате воспроизведены основные атаки на *JWT* и показано, что белый список алгоритмов, ротация ключей и строгая валидация *claims* блокируют компрометацию.

Распространение микросервисных веб-приложений и мобильных клиентов привело к тому, что система аутентификации все чаще выносится в отдельный сервис, а решение о допуске к ресурсу принимается на основании компактного токена, передаваемого в каждом запросе. Наиболее популярным форматом в таком сценарии стал *JSON Web Token*, описанный в *RFC 7519* как набор утверждений, сериализованный в *JSON* и защищенный цифровой подписью или шифрованием [1]. Практическая привлекательность *JWT* объясняется отказом от серверной сессии: ресурсный сервер может проверить токен локально и не обращаться к центральному хранилищу на каждом запросе. Однако именно эта кажущаяся простота породила большое количество уязвимых реализаций, в которых доверие переносится с сервера на данные, полученные от клиента. В результате ошибка в проверке подписи, выборе ключа или контроле обязательных *claims* приводит не к частичной деградации сервиса, а к прямому обходу аутентификации. Поэтому для инженерной практики важен не только синтаксис *JWT*, но и целостная инфраструктура его выпуска, распространения, ротации и отзыва.

В работе исследуется инфраструктура *JWT* как связанная система из сервиса выдачи токе-

нов, клиента, ресурсного сервера, репозитория ключей и канала доставки. Цель состояла в том, чтобы построить компактную модель такой инфраструктуры, реализовать основные типы атак и определить набор минимальных мер, которые устраняют их без отказа от самого формата. Гипотеза исследования заключалась в том, что ключевые риски создаются не спецификацией *JWT*, а ошибками реализации на стыке стандартов *JWT*, *JWS* и *JWK* [1–3]. Для проверки гипотезы были поставлены четыре задачи: описать жизненный цикл *access* и *refresh* токенов; выделить точки доверия между компонентами; воспроизвести атаки, основанные на подмене алгоритма, выборе ключа, манипуляции заголовками и *claims*; затем сравнить уязвимую и защищенную конфигурации одного и того же стенда. Такая постановка позволяет перейти от перечисления известных ошибок к воспроизводимому инженерному сценарию, где видна причинно-следственная связь между конкретным дефектом и способом компрометации.

Экспериментальный стенд был реализован на *Python 3.11* и включал сервис аутентификации, ресурсный *API*, *JWKS endpoint* для публикации открытых ключей, хранилище идентификаторов *refresh* токенов и набор клиентских скриптов для автоматизации атак. В базовой

схеме *access token* передавался в заголовке *Authorization*, а *refresh token* использовался только для выпуска новой пары токенов. Каждый *access token* содержал минимальный набор *claims*: *iss*, *sub*, *aud*, *exp*, *nbf*, *iat*, *jti* и *role*. Подпись выполнялась в формате *JWS*, а открытые ключи публиковались по модели *JWK Set*, что соответствует стандартному подходу для распределенных систем [2; 3]. Для оценки устойчивости была подготовлена уязвимая конфигурация с намеренно ослабленной валидацией и защищенная конфигурация с жестким белым списком алгоритмов, закреплением издателя и аудиторией, контролем времени жизни, журналированием отказов и ротацией ключей. Методы исследования включали анализ спецификаций, моделирование угроз, экспериментальное воспроизведение атак и сравнительное тестирование конфигураций.

При анализе инфраструктуры принципиально важно различать структуру токена и механизмы его защиты. *JWT* состоит из заголовка, полезной нагрузки и подписи, а его первые два блока кодируются *base64url* и потому легко декодируются без знания секрета [1]. Отсюда следует практическое требование не помещать в *payload* чувствительные сведения в расчете на скрытость формата. Конфиденциальность возможна только при использовании отдельного механизма шифрования, но в большинстве прикладных сценариев для *access token* достаточно подписи и строгого ограничения набора *claims*. Отдельный риск возникает из-за того, что разработчики воспринимают заголовок как служебные метаданные, хотя на самом деле именно он несет поля *alg*, *typ*, *kid*, а иногда *jku* или *jwk*, влияющие на алгоритм проверки и выбор ключа. Если эти значения принимаются без серверных ограничений, злоумышленник получает возможность воздействовать не на данные приложения, а на сам процесс криптографической верификации, что существенно опаснее обычной подмены параметров запроса [2–4].

Первый воспроизведенный сценарий был связан с подменой алгоритма подписи и классической ошибкой *alg = none*. В уязвимой конфигурации сервер извлекал поле *alg* из заголовка и передавал его в библиотеку без предварительного сопоставления с ожидаемым алгоритмом для конкретного ключа. После этого было создано тестовое значение токена с неизменным *payload*, но с заменой *alg* на *none* и модификацией *claims role* и *sub*. Если проверка подписи

фактически пропускается или библиотека получает разрешение на *none*, ресурсный сервер принимает токен как корректный и выдает доступ с повышенными полномочиями. Даже там, где поддержка *none* явно отключена, аналогичная логическая ошибка возникает, когда приложение само декодирует токен до верификации и опирается на содержащиеся в нем *claims* при выборе дальнейшей ветки обработки. Стандарты прямо указывают, что алгоритм и допустимые способы защиты должны определяться серверной политикой, а не недоверенным заголовком токена [1; 4].

Второй класс атак касался смешения симметрических и асимметрических алгоритмов. На практике распространена ошибка, при которой приложение поддерживает и *HS256*, и *RS256*, но использует одно и то же поле конфигурации *key* для обеих схем. Тогда публичный *RSA* ключ, доступный через *JWKS*, может быть ошибочно интерпретирован как *HMAC* секрет, и злоумышленник получает возможность подписать поддельный токен самостоятельно. В стенде эта атака была реализована в два этапа: сначала из открытого *JWKS* извлекался *RSA* ключ, затем на его основе формировалась *HMAC* подпись под токеном с произвольными *claims*. Отдельно моделировалась ситуация со слабым секретом для *HS256*, когда подпись не подделывается логической ошибкой, а подбирается словарной атакой. Оба сценария подтвердили, что криптографическая стойкость формата не компенсирует неверную конфигурацию: безопасность определяется не самим наличием подписи, а правильным связыванием алгоритма, типа ключа и проверяющей процедуры [2; 4; 5].

Третий тип уязвимостей связан не с криптографией, а с неполной валидацией семантики *claims*. Даже корректно подписанный токен не должен приниматься автоматически, если не проверены *issuer*, *audience*, время жизни и уникальность идентификатора. В эксперименте один и тот же токен успешно переносился между двумя *API*, пока сервер не начал сверять *aud* со своим идентификатором; просроченные токены принимались при допуске положительного временного окна без ограничений; повторная отправка ранее использованного *refresh token* приводила к выпуску новой пары *access* и *refresh* при отсутствии механизма *rotation* и отзыва. Наиболее показательной оказалась ошибка с *jti*: формально токен был валиден и

подписан корректно, однако его повторное использование после выхода пользователя из системы оставалось возможным до истечения *exp*. Следовательно, полностью *stateless* схема подходит лишь для короткоживущих *access* токенов, тогда как отзыв *refresh* токенов и детектирование *replay* требуют серверного состояния или, как минимум, реестра недействительных идентификаторов [1; 4; 5].

Четвертый сценарий был посвящен инфраструктуре ключей и обработке полей *kid*, *jku* и *jwk*. Эти параметры часто используются для выбора нужного ключа при ротации, но при небезопасной реализации превращаются в канал инъекции. Если *kid* подставляется в *SQL* запрос или путь к файлу без фильтрации, злоумышленник может добиться выбора произвольного материала ключа, чтения локального файла или ошибки, обходящей проверку. Если же сервер доверяет значению *jku* и автоматически загружает внешний *JWKS*, возникает риск *SSRF* и подмены источника ключей: приложение начинает проверять токен ключом, контролируемым атакующим. В стенде были реализованы обе разновидности. Защищенная конфигурация полностью игнорировала внешние указатели на ключи, использовала локально заданный список разрешенных *kid* и проверяла соответствие типа ключа, алгоритма и назначения *use*. Такой подход согласуется с рекомендациями по безопасному обращению с *JWK Set* и устраняет целый класс атак, которые трудно заметить на уровне бизнес-логики, но которые напрямую компрометируют модель доверия [3–5].

Практическая реализация атак была организована как последовательность автоматизированных тестов, чтобы исключить зависимость результата от ручных действий исследователя. Для каждого сценария скрипт получал легитимный токен обычного пользователя, далее изменял заголовок или *payload*, формировал новую подпись либо отправлял повторный запрос на обновление с ранее использованным *refresh token* и фиксировал ответ ресурсного сервера. Критерием успешности считались выдача кода 200, получение административного ресурса, выпуск новой пары токенов после повторного *refresh* либо принятие токена, не соответствующего политике безопасности по *aud*, *exp* или источнику ключа. Такой метод позволил описать не только саму уязвимость, но и ее наблюдаемый сетевой след: состав заголовков, характер журналов, точки

корреляции событий и признаки, по которым защитный контур может автоматически обнаружить попытку компрометации. Это важно с инженерной точки зрения, поскольку в реальной эксплуатации защита ограничивается не одной валидацией, а включает расследование инцидента и быстрое отключение скомпрометированного ключа.

Сравнение уязвимой и защищенной конфигураций показало, что надежная инфраструктура *JWT* строится вокруг нескольких обязательных ограничений. Во-первых, список допустимых алгоритмов должен задаваться в коде сервера и связываться с конкретным набором ключей, а не вычисляться из заголовка токена. Во-вторых, *access token* целесообразно делать короткоживущим и минимальным по составу *claims*, оставляя право отзыва и расширенную контекстную информацию на стороне сервера. В-третьих, *refresh token* следует хранить отдельно от *JavaScript* контекста, предпочтительно в *cookie* с флагами *HttpOnly*, *Secure* и *SameSite*, а сам процесс обновления сопровождать *rotation* и аннулированием предыдущего идентификатора. В-четвертых, ресурсный сервер обязан валидировать *iss*, *aud*, *exp*, *nbf*, *iat*, *jti* и при необходимости *scope*, а также вести журнал отказов по причинам проверки. Наконец, ротация ключей должна выполняться по схеме с перекрытием старого и нового ключей, чтобы обновление не приводило к массовым ложным отказам, а компрометация одного секрета не делала уязвимым весь парк сервисов [3–5].

Отдельно оценивались клиентские способы хранения токенов, поскольку часть атак на *JWT* возникает вне серверной логики. Размещение *access* и *refresh* токенов в *localStorage* упрощает разработку, но делает их доступными для кражи при *XSS* и затрудняет принудительный *logout* на распределенных фронндах. В защищенной конфигурации *access token* существовал только в оперативной памяти клиента, а *refresh token* передавался в *cookie* с флагами *HttpOnly* и *SameSite*, что уменьшало поверхность атаки и упрощало отделение аутентификационного контура от прикладного *JavaScript* кода [5]. При этом сервер дополнительно связывал *refresh token* с устройством и временным окном использования, поэтому повторное обращение с тем же идентификатором после успешного обновления интерпретировалось как вероятный *replay* и вызывало аннулирование всей цепочки. Такой механизм не устраняет *XSS* как

класс, но существенно снижает ценность перехваченного браузерного контекста и делает атаку более заметной для мониторинга.

Практическая интеграция *JWT* в микросервисную среду требует учитывать не только безопасность, но и эксплуатационные ограничения. Проверка подписи на каждом запросе дает выигрыш по масштабируемости только тогда, когда ресурсный сервер не выполняет дорогостоящих сетевых обращений за ключом или списком отзыва. Поэтому в защищенной конфигурации *JWKS* кэшировался локально с контролем срока жизни, а ротация ключей сопровождалась публикацией нового *kid* заранее, до отзыва старого. Такое перекрытие устраняет типичную проблему ложных отказов после релиза и одновременно не допускает длительного использования устаревшего ключа. Наблюдения на стенде показали, что основная задержка возникает не на этапе криптографической проверки, а при неверно спроектированном обмене метаданными между сервисами. Следовательно, безопасная инфраструктура *JWT* должна проектироваться как распределенная система, где ключевой объект оптимизации – не размер токена, а предсказуемость доверительных связей между *issuer*, *resource server* и репозиторием ключей.

По результатам воспроизведения атак гипотеза исследования подтвердилась. Все проверенные сценарии компрометации оказались связаны не с небезопасностью *JWT* как формата, а с неверными допущениями разработчика относительно доверия к заголовку, источнику ключей или содержимому *claims*. В уязвимой конфигурации были успешно выполнены подмена алгоритма, использование публичного ключа как *HMAC* секрета, повторное применение *refresh token*, перенос токена между сервисами и подмена источника ключей через параметры заголовка. После включения серверного белого списка алгоритмов, жесткой проверки обязательных *claims*, ротации *refresh* токенов, ограничения *kid* и отказа от автоматической загрузки внешнего *JWKS* эти атаки перестали приводить к несанкционированному доступу. Дополнительная валидация усложнила код сервера, но не изменила архитектурный принцип

локальной проверки *access token* и потому не создала критической деградации производительности при типовой веб-нагрузке.

Полученные результаты позволяют уточнить место *JWT* в современной архитектуре аутентификации. Формат оправдан там, где требуется быстрый перенос подписанных утверждений между доверенными сервисами, однако он плохо переносит желание сделать в токене все сразу: хранить чувствительные данные, организовывать долгие сессии, обеспечивать отзыв без состояния и одновременно допускать произвольную динамику ключей.

На практике безопаснее трактовать *JWT* как короткоживущий транспорт авторизационных атрибутов, а не как полноценную замену серверной сессии. Именно поэтому центральным объектом проектирования становится не сам токен, а инфраструктура его жизни: политика эмиссии, доставка по защищенному каналу, хранение на клиенте, ротация, отзыв, логирование и наблюдаемость.

Ограничением проведенного исследования является то, что оно не охватывало все профили *OAuth 2.0* и *OpenID Connect*, а также не рассматривало токены подтверждения владения и аппаратные модули защиты ключей. Тем не менее базовые выводы применимы к большинству корпоративных *API* и внутренних микросервисов [4; 5].

Таким образом, компактная *IMRAD* модель исследования показала, что безопасная реализация *JWT* требует не усложнения формата, а дисциплины в нескольких точках: фиксированного алгоритма проверки, корректной работы с *JWK* и *kid*, минимизации *claims*, строгой валидации временных и контекстных ограничений, разделения *access* и *refresh* токенов и управляемой ротации ключей.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложенный стенд позволяет воспроизводить основные типы атак в учебных и инженерных целях, а затем немедленно проверять эффективность защитных настроек на той же инфраструктуре. Это делает *JWT* не опасной технологией, а инструментом, безопасность которого определяется качеством архитектурных решений и вниманием к стандартам [1–5].

Литература/References

1. Jones, M. RFC 7519: JSON Web Token (JWT) / M. Jones, J. Bradley, N. Sakimura, 2015.
2. Jones, M. RFC 7515: JSON Web Signature (JWS) / M. Jones, J. Bradley, N. Sakimura, 2015.

-
3. Jones, M. RFC 7517: JSON Web Key (JWK) / M. Jones, 2015.
 4. Sheffer, Y. RFC 8725: JSON Web Token Best Current Practices / Y. Sheffer, D. Hardt, M. Jones, 2020.
 5. OWASP Foundation. JSON Web Token for Java Cheat Sheet. OWASP Cheat Sheet Series.
-

© Д.Т. Хвалько, 2026

АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ИИ-АССИСТЕНТА НА ОСНОВЕ RAG-ПАЙПЛАЙНА ДЛЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Ф.М. ЦЕЕВА, Х.М. СЕНОВ, А.М. БОЗИЕВА, М.М. ШОГЕНОВА, А.В. ЦЕЕВ

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»,
г. Нальчик

Ключевые слова и фразы: RAG-пайплайн; образовательный ИИ-ассистент; большие языковые модели; робототехника; Telegram-бот; векторный поиск; LangChain; aiogram; ChromaDB; YandexGPT.

Аннотация: Цель исследования – разработать и оценить образовательного ИИ-ассистента по управлению робототехническими системами на основе RAG. Задачи: сформировать корпус учебных материалов, реализовать векторную индексацию и обработку запросов с классификацией интенгов, интегрировать интерфейс Telegram и провести педагогический эксперимент. Гипотеза: генерация с извлечением релевантного контекста снижает галлюцинации и повышает успеваемость при меньшей нагрузке преподавателя. Методы: RAG-пайплайн (ChromaDB, эмбединги, LangChain, YandexGPT), логистическая регрессия для интенгов, сравнительный анализ платформ и пилотное внедрение. Результаты: средний экзаменационный балл вырос на 13 %, доля пересдач снизилась на 56 %, обращения к преподавателю – на 83 %. В итоге показано, что RAG-ориентированная архитектура образовательного ИИ-ассистента применима для дисциплин с высокой терминологической плотностью и формализованным материалом. Практический вклад работы состоит в описании воспроизводимого конвейера «корпус – индексация – извлечение – генерация – оценка», в эмпирическом выборе параметров чанкинга для робототехнической тематики и в подтверждении образовательного эффекта при сохранении ведущей роли преподавателя.

Цель исследования – спроектировать, реализовать и экспериментально оценить образовательного ИИ-ассистента по предметной области управления робототехническими системами, интегрированного в Telegram. Задачи включали: формирование корпуса и индексацию учебных материалов; разработку конвейера обработки запросов с классификацией интенгов и RAG-генерацией; внедрение пользовательского интерфейса в виде Telegram-бота; проведение сравнительного анализа подходов к построению ассистентов; а также оценку качества поиска, времени отклика и образовательного эффекта по итогам семестра. Гипотеза состоит в том, что генерация ответов, опирающаяся на извлеченный контекст из материалов курса, снижает долю ошибочных подсказок, повышает

успеваемость и уменьшает нагрузку преподавателя за счет сокращения типовых консультаций [4].

Перспективы развития включают расширение корпуса и введение контроля качества источников (версии лекций, актуальность лабораторных), внедрение диалоговой памяти и адаптивного тестирования по темам, где студент чаще ошибается, а также переход к специализированным эмбедингам для математических выражений. Дополнительно рассматривается локальное развертывание языковой модели для повышения автономности и управления конфиденциальностью учебных данных, а также подключение мультимодальных моделей для распознавания изображений лабораторных установок и рукописных схем.

Обратная связь пользователей показала, что 84 % ответов были оценены как полезные. Анализ случаев «не помогло» выявил три типовые причины: вопрос выходил за пределы индексированного корпуса; ответ был верен, но слишком краток и требовал примера; модель хуже обрабатывала математические выражения, особенно если формулы представлены в текстовой *LaTeX*-нотации. К ограничениям прототипа относятся также текстовый режим без изображений (невозможность анализировать фотографии схем и установок), независимая обработка каждого сообщения без учета диалоговой истории и зависимость от внешнего *API* языковой модели, что может влиять на стабильность и предсказуемость латентности.

Результаты педагогического эксперимента показали рост среднего экзаменационного балла в экспериментальной группе с 3,7 до 4,2 ($\approx +13\%$), снижение доли пересдач с 23,5 % до 9,5 % ($\approx -56...60\%$) и уменьшение обращений к преподавателю по типовым вопросам с 28 до 5 в неделю ($\approx -83\%$). Доля студентов с оценкой не ниже «4» выросла с 47,1 % до 71,4 %. В совокупности это указывает на измеримый эффект от постоянного доступа к контекстным подсказкам и на перераспределение консультаций: очные встречи чаще использовались для нетривиальных задач и проектной работы, а повторяющиеся объяснения переносились в диалог с ботом.

В ходе испытаний ассистент обработал 3214 запросов; основную долю составили предметные вопросы (58 %) и запросы примеров кода (22 %), что согласуется со структурой затруднений в практико-ориентированном курсе. Пиковая нагрузка приходилась на 3–5 дней до экзамена и достигала порядка 180 запросов в сутки. Среднее время ответа составило 2,8 с, из которых около 0,3 с занимали эмбединг и векторный поиск, а примерно 2,1 с – генерация ответа языковой моделью; это подтверждает применимость решения для диалогового сценария обучения без заметного ожидания.

Пилотное внедрение проведено в течение семестра 2024–2025 уч. г. на направлении 15.04.06 «Мехатроника и робототехника»; сравнивались экспериментальная группа (21 студент), имевшая доступ к ассистенту, и контрольная группа (17 студентов), обучавшаяся по тем же материалам у того же преподавателя. Фиксировались: количество обращений к боту, распределение интенгов, среднее время ответа,

доля ответов, оцененных студентами как полезные через инлайн-кнопки обратной связи, а также показатели учебной успеваемости (экзамен и лабораторные) и доля пересдач. Для повышения устойчивости сервиса в прототип добавлялись журналирование, обработка ошибок внешнего *API* и кэширование повторяющихся вопросов.

Для обоснования выбора технологического стека выполнено сопоставление *no-code* платформ и программируемых решений. *No-code* инструменты удобны для быстрого прототипа, но ограничивают контроль над чанкингом, хранением данных и проверяемостью источников, что особенно чувствительно для курсов с формулами. Программируемый стек на базе *ChromaDB* и *LangChain* обеспечивает полный контроль над подготовкой корпуса, параметрами поиска и правилами ответа, допускает локальное размещение и адаптацию к требованиям вуза по данным и доступам; при этом интерфейс в *Telegram* сохраняет низкий порог входа для студентов благодаря привычному каналу коммуникации [4].

Качество извлечения оценивалось на наборе из 60 контрольных вопросов, составленных преподавателями курса, с ручной разметкой релевантных фрагментов. Сравнение конфигураций чанкинга показало, что чрезмерно малые чанки теряют необходимые связи между определением и пояснением, а чрезмерно крупные ухудшают точность за счет «размывания» темы. В качестве рабочей выбрана конфигурация чанка 512 токенов с перекрытием 64 токена, обеспечившая $Precision@4 = 0,78$, $Recall@4 = 0,82$ и $MRR = 0,75$; для сравнения, при 256 токенах $Precision@4$ снижалась до 0,61, а при 1024 токенах – до 0,64 при росте полноты. Эти данные подтверждают, что для робототехнического материала важен компромисс между локальной точностью терминов и достаточным контекстом для формул и алгоритмов.

Далее для предметных запросов запускается *RAG*-цепочка: запрос преобразуется в эмбединг, извлекаются наиболее релевантные чанки, после чего формируется расширенный промпт «инструкция – контекст – вопрос». Оркестрация конвейера реализована средствами *LangChain*, позволяющими объединить извлечение и генерацию в единую цепочку, а также управлять параметрами поиска (k , тип метрики, фильтры по источникам) и возвращать список использованных фрагментов [5]. Чтобы огра-

ничить галлюцинации, в системной инструкции закреплено требование отвечать строго по найденному контексту и не выдумывать формулы или численные параметры; дополнительно применялось пороговое отсечение по близости: если максимальная косинусная близость извлеченного чанка к запросу ниже 0,35, ассистент сообщает, что ответ в базе знаний не найден, и рекомендует уточнить вопрос или обратиться к преподавателю.

Обработка запроса строится в два шага. Сначала классификатор интенгов выделяет предметные вопросы, организационные запросы, просьбы о примере кода и обращения типа «помоги решить задачу». Это позволяет направлять организационные запросы в отдельный обработчик (без обращения к векторному поиску), снижая задержку ответа и стоимость вычислений, а для задач типа «решить» – переключать режим на «подсказки и шаги», не выдавая готового экзаменационного решения. Классификация реализована как модель логистической регрессии в пространстве *TF-IDF* биграмм и обучена на размеченном корпусе студенческих запросов; выбранный метод типичен для текстовых чат-ботов и дает устойчивое качество на малых выборках [2].

Предметная база знаний сформирована из конспектов 16 лекций, 8 описаний лабораторных работ и выборочных фрагментов технической документации, связанных с *ROS2* и промышленной кинематикой; общий объем корпуса составил порядка 380 страниц.

Документы загружались, очищались от служебных элементов и разбивались на чанки фиксированного размера с перекрытием, чтобы сохранять целостность определений и связку «формула – пояснение». Для каждого чанка вычислялся эмбединг моделью *all-MiniLM-L6-v2* (размерность 384), после чего вектор и метаданные (источник, страница, тип документа)

сохранялись в *ChromaDB*. Итоговый индекс включал 2847 чанков; поиск выполнялся по косинусному расстоянию среди k наиболее близких фрагментов ($k=4$), что обеспечивало достаточный контекст при ограниченном окне промпта.

Ассистент реализован как трехуровневая система «интерфейс – обработка – данные». На уровне интерфейса *Telegram*-бот принимает сообщения, выполняет первичную валидацию (пустые сообщения, ограничения длины, защита от спама) и передает запрос на сервер. Уровень обработки включает определение типа запроса, извлечение контекста из базы знаний, формирование промпта и генерацию ответа. Уровень данных содержит векторное хранилище учебных фрагментов, метаданные источников и компоненты генерации ответов на базе большой языковой модели; такая декомпозиция упрощает замену отдельного модуля (например, эмбедингов или *LLM*) без переработки всего решения.

Интеграция инструментов искусственного интеллекта в высшее образование ускоряет переход от статичных учебных материалов к персонализированной поддержке обучающихся, однако в инженерных дисциплинах критичны проверяемость ответов и опора на утвержденные источники [1]. Курс «Управление роботами и робототехническими системами» требует одновременного понимания теории автоматического управления, кинематики манипуляторов, программирования контроллеров и работы с *ROS*, поэтому дефицит индивидуальных консультаций быстро приводит к накоплению ошибок в базовых понятиях и снижению качества лабораторных работ. Типовые вопросы («как настроить ПИД», «как получить Якобиан», «как запустить узел в *ROS2*») повторяются у разных студентов и перегружают преподавателя в предэкзаменационный период.

Литература

1. Цеева, Ф.М. Исследование технологий искусственного интеллекта в процессе цифровой трансформации высшего образования / Ф.М. Цеева, Х.М. Сенов, А.М. Бозиева, М.М. Шогенова, Л.В. Канукоева, Б.В. Шогенов // *Качество. Инновации. Образование.* – 2024. – № 3(191). – С. 82–88.
2. Лиманова, Н.И. Искусственный интеллект и обработка естественного языка как основа чат-ботов / Н.И. Лиманова, Д.С. Ковтун // *Бюллетень науки и практики.* – 2024. – Т. 10. – № 4. – С. 426–429.
3. Lewis, P. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, et al. // *Advances in Neural Information Processing Systems.* – 2020. – Vol. 33. – P. 9459–9474.

4. Шнайдер, К.В. Использование искусственного интеллекта в учебном процессе студентами высших учебных заведений / К.В. Шнайдер // Академический исследовательский журнал. – 2025. – Т. 3. – № 9. – С. 147–155.

5. Chase, H. LangChain: Building applications with LLMs through composability / H. Chase // GitHub Repository, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://github.com/langchain-ai/langchain>.

References

1. TSeeva, F.M. Issledovanie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v protsesse tsifrovoj transformatsii vysshego obrazovaniya / F.M. TSeeva, K.H.M. Senov, A.M. Bozieva, M.M. SHogenova, L.V. Kanukoeva, B.V. SHogenov // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. – 2024. – № 3(191). – S. 82–88.

2. Limanova, N.I. Iskusstvennij intellekt i obrabotka estestvennogo yazyka kak osnova chat-botov / N.I. Limanova, D.S. Kovtun // Byulleten nauki i praktiki. – 2024. – Т. 10. – № 4. – S. 426–429.

4. SHnajder, K.V. Ispolzovanie iskusstvennogo intellekta v uchebnom protsesse studentami vysshikh uchebnykh zavedenij / K.V. SHnajder // Akademicheskij issledovatel'skij zhurnal. – 2025. – Т. 3. – № 9. – S. 147–155.

© Ф.М. Цеева, Х.М. Сенов, А.М. Бозиева, М.М. Шогенова, А.В. Цеев, 2026

АРХИТЕКТУРА МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ПОТОКАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО СТАТИСТИКО-НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Ф.М. ЦЕЕВА

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»,
г. Нальчик

Ключевые слова и фразы: обнаружение аномалий; промышленный интернет вещей; многоуровневая архитектура; нейронные сети *LSTM*; потоковая обработка данных; предиктивный мониторинг.

Аннотация: Цель исследования – разработать многоуровневую архитектуру обнаружения аномалий в телеметрических потоках промышленного интернета вещей при снижении задержки и сетевой нагрузки. Задачи: распределить этапы обработки между *edge*, *fog* и *cloud*, выбрать алгоритмы фильтрации, статистического отбора и нейросетевой классификации и оценить эффективность на эталонных данных. Гипотеза: сочетание *EMA*, адаптивного *Z*-детектора и *LSTM* сохраняет качество при переносе части вычислений к источнику. Методы: потоковая предобработка, статистический анализ, обучение *LSTM* на *UNSW-NB15*. Результаты: $F1=0,94$ и сокращение объема передачи в облако на 62 %. Результаты – проактивный мониторинг обозначенной деятельности.

Рост числа датчиков промышленного интернета вещей приводит к непрерывным телеметрическим потокам, в которых деградация оборудования и внешние воздействия проявляются как редкие, но критичные аномалии. Для технологических объектов важно обнаруживать такие отклонения в реальном времени, поскольку запаздывание диагностики повышает риск каскадных отказов и увеличивает стоимость простоя. Современные исследования показывают, что для сложных, шумных и нестационарных процессов требуются методы анализа временных рядов и машинного обучения, дополняющие традиционные пороговые правила [1].

Наиболее прямой подход – передавать весь поток в облако и выполнять детектирование централизованно, однако на практике он сталкивается с двумя ограничениями: ростом задержки из-за сети и вычислений, а также высокой стоимостью передачи больших объемов данных. Для распределенных производственных площадок, где одновременно работают

сотни и тысячи датчиков, полная пересылка телеметрии становится узким местом как по пропускной способности, так и по надежности каналов связи, поэтому возрастает роль многоуровневых систем мониторинга [3].

Алгоритмы обнаружения аномалий условно разделяются на статистические и нейросетевые. Статистические детекторы (например, *Z*-оценка в скользящем окне) просты и быстро действуют, но при дрейфе режима дают заметный рост ложных срабатываний. Нейросетевые модели, в частности рекуррентные сети *LSTM*, способны улавливать долгосрочные зависимости и повышать полноту обнаружения [1], но их вычислительная стоимость и требования к памяти затрудняют применение непосредственно на периферийных узлах. Практически оправданным становится гибридный конвейер, в котором легкие методы выполняют ранний отбор, а нейросеть уточняет решение на ограниченном наборе фрагментов [2].

Цель работы – спроектировать компактную трехуровневую архитектуру обнаружения

аномалий в телеметрических потоках *IoT*, обеспечивающую низкую задержку реакции при сохранении качества классификации. Гипотеза исследования состоит в том, что последовательное сочетание сглаживания, адаптивного статистического отбора и нейросетевой классификации позволяет приблизить итоговые метрики к уровню централизованной обработки, одновременно снижая нагрузку на сеть и облачные ресурсы.

Для достижения цели решались следующие задачи: распределить этапы обработки между *edge*-, *fog*- и *cloud*-уровнями; выбрать алгоритмы для предобработки, детектирования и классификации; реализовать прототип конвейера потоковой обработки; сравнить предложенную архитектуру с одноуровневыми конфигурациями и оценить выигрыш по латентности и объему передаваемых данных.

Методология включает системное проектирование компонентов и экспериментальную верификацию. Оценка выполнялась по метрикам *Accuracy*, *Precision*, *Recall* и *F1*. В качестве эталонного набора использован *UNSW-NB15* с разметкой нормального и атакующего трафика, что позволяет корректно измерять качество бинарной классификации [5]. Прототип реализован на *Python* с использованием стандартных библиотек обработки данных и глубокого обучения.

Предлагаемая архитектура организована как последовательный конвейер из трех вычислительных уровней, через который данные проходят по мере необходимости. На ранних уровнях выполняются ресурсоэффективные операции, снижающие размер потока, а наиболее затратная нейросетевая обработка переносится в облако и применяется только к отобраным фрагментам.

Edge-уровень размещается на микроконтроллерах или контроллерах оборудования и выполняет первичную очистку сигнала. Основная операция – экспоненциальное скользящее среднее:

$$EMA(t) = \alpha x(t) + (1 - \alpha)EMA(t - 1),$$

где α задает скорость адаптации к изменениям. Дополнительно на этом уровне отсеиваются физически невозможные значения (например, отрицательные показания там, где они недопустимы), что уменьшает влияние аппаратных ошибок на последующие этапы анализа.

Fog-уровень развернут на промышленных шлюзах и агрегирует потоки от группы *edge*-узлов. Детектирование выполняется в скользящем окне W по стандартизованному отклонению $Z(t) = |x(t) - \mu(t)|/\sigma(t)$, где $\mu(t)$ и $\sigma(t)$ пересчитываются по окну. Чтобы учитывать нестационарность, используется адаптивный порог $T(t) = T_{base} + \beta|\sigma(t) - \sigma(t - 1)|$. В экспериментах применялись параметры $W = 200$, $T_{base} = 3,0$ и $\beta = 0,5$, а пересчет статистик выполнялся с шагом 50 отсчетов.

Если $Z(t)$ превышает порог, *fog*-узел формирует контекстное окно длиной 150 отсчетов (100 предшествующих и 50 последующих) и отправляет его на *cloud*-уровень вместе с идентификаторами источника и временными метками. При типичной доле подозрительных событий 2–5 % такой отбор уменьшает объем данных, передаваемых в облако, на 62 % по сравнению с полной пересылкой телеметрии, сохраняя при этом диагностически значимый контекст вокруг события.

Cloud-уровень выполняет финальную классификацию средствами *LSTM*-сети, ориентированной на временные зависимости. В реализованной конфигурации использованы два рекуррентных слоя по 128 нейронов, слой *Dropout* 0,3 и полносвязный выход с сигмоидной активацией. Вход представляется как последовательность длиной 150 с F признаками (для *UNSW-NB15* $F = 42$). Обучение выполнялось на 70 % данных оптимизатором *Adam* (*learning rate* 0,001) с функцией потерь *binary cross-entropy*, валидация – на оставшейся части.

Для сравнения рассматривались четыре конфигурации:

- 1) только облачная *LSTM* с анализом полного потока;
- 2) *edge* + *cloud*;
- 3) предложенный *edge* + *fog* + *cloud*;
- 4) только *fog*-детектор.

Во всех случаях вычислялись одинаковые метрики качества, а задержка оценивалась как сумма времени обработки на уровнях и времени передачи между уровнями. Такой протокол позволяет одновременно сравнить точность и практическую пригодность архитектуры для мониторинга в режиме, близком к реальному времени.

Эксперименты показали, что предложенный трехуровневый конвейер обеспечивает $F_1 = 0,94$ при *Accuracy* 0,95, что близко к пол-

ностью облачному решению ($F_1 = 0,95$), но заметно превосходит его по задержке: средняя латентность составила 340 мс против примерно 1200 мс при централизованной обработке. Чисто статистический вариант без нейросетевой постобработки показал $F_1 \approx 0,78$ из-за роста ложных тревог, что снижает полезность системы для операторов.

Для повышения устойчивости и адаптивности в архитектуру включен контур обратной связи: результаты облачной классификации возвращаются на *fog*-уровень и используются для онлайн-калибровки коэффициента β . При росте доли ложных тревог β увеличивается и порог становится менее чувствительным; при пропусках истинных аномалий β уменьшается. Такой механизм снижает потребность в ручной перенастройке системы при смене режимов эксплуатации и соответствует подходам к адаптивной защите сенсорных сетей [4].

Реализация прототипа выполнена в виде модулей потоковой обработки: *edge*-узлы публикуют предобработанные измерения в локальный брокер по *MQTT*, *fog*-слой агрегирует темы датчиков и поддерживает кольцевой буфер окна для каждого канала, а подозрительные фрагменты сериализуются (*Protocol Buffers*) и передаются в облако по *MQTT/gRPC*. Потоки разделяются по идентификаторам участков и типов датчиков, что упрощает маршрутизацию и изоляцию нагрузок. На *cloud*-уровне фрагменты пакетируются, нормализуются и подаются в *LSTM*-модель, после чего результаты записываются в журнал событий и возвращаются на *fog*-узел. Передача управляющих сообщений может выполняться по защищенному каналу (*TLS*) с контролем доступа по ролям, что важно для критической инфраструктуры. Архитектура допускает буферизацию и ограничение скорости передачи на *fog*-уровне, поэтому при всплесках активности система сохраняет работоспособность и не перегружает облачные вычисления. Кроме того, часть признаков может вычисляться на *fog*-уровне (агрегаты, производные), что дополнительно снижает объем пересылаемых данных.

С теоретической точки зрения конвейер можно представить как последовательность преобразований $y = C(F(E(x)))$, где E , F и C соответствуют операциям *edge*-, *fog*- и *cloud*-уровней. Суммарная задержка складывается из времени обработки на каждом уровне и времени передачи: $T_{total} = T_{edge} + T_{net1} + T_{fog} +$

$+ T_{net2} + T_{cloud}$. В измерениях прототипа получены значения $T_{edge} \approx 2$ мс, $T_{net1} \approx 5$ мс, $T_{fog} \approx 18$ мс, $T_{net2} \approx 65$ мс и $T_{cloud} \approx 250$ мс, что дает $T_{total} \approx 340$ мс и согласуется с результатами сравнительных экспериментов.

Отказоустойчивость обеспечивается тем, что подозрительные фрагменты перед отправкой в облако фиксируются в энергонезависимом журнале (*write-ahead log*) и удаляются только после подтверждения приема. При ограничении журнала 512 МБ и средней длине фрагмента порядка 12 КБ сохраняется около 42 тыс. событий, что позволяет *fog*-узлу продолжать работу при временной потере связи и передать накопленные данные после восстановления канала.

Масштабирование достигается горизонтальным разделением *fog*-уровня: каждый участок обслуживается собственным шлюзом, а облачный слой принимает события через брокер сообщений и обрабатывает их параллельными группами потребителей. В тестовой конфигурации при подключении до 50 *fog*-шлюзов (порядка 25 тыс. датчиков) облачный кластер из трех узлов обеспечивал задержку не более 500 мс в 99-м процентиле, что показывает практическую пригодность архитектуры для крупных объектов.

Дополнительная проверка на вибрационной телеметрии насосного агрегата (14 суток записи, частота 100 Гц, четыре канала) показала, что многоуровневый конвейер выявляет предвестники аварийного останова за 6,2 часа до события, тогда как классический пороговый контроль фиксирует отклонение менее чем за час. Раннее обнаружение позволяет переводить аварийный останов в плановый и снижать потери за счет более точного планирования технического обслуживания.

В ходе экспериментов исследовалась чувствительность качества к выбору параметров W , α и β . Увеличение окна W повышало устойчивость оценок μ и σ , но замедляло реакцию на резкие изменения; при $W < 100$ возрастал уровень ложных срабатываний, а при $W > 300$ увеличивалась задержка формирования события. Коэффициент сглаживания α на *edge*-уровне подбирался так, чтобы подавлять высокочастотный шум без потери информативных выбросов; для быстро меняющихся сигналов оптимальными оказались значения $\alpha = 0,2-0,3$, для медленных – $0,05-0,15$. Наиболее заметное влияние оказывал β : при $\beta \rightarrow 0$ порог становился слишком «жестким» и число ложных тревог росло в

периоды смены режима, тогда как при $\beta > 0,8$ ухудшалась полнота обнаружения. Использование обратной связи позволяло удерживать β в рабочем диапазоне без участия оператора и поддерживать стабильное качество в длительных прогонах.

Оценка вычислительных затрат показала, что *edge*-предобработка требует лишь нескольких арифметических операций на отсчет и может выполняться на микроконтроллерах класса *ARM Cortex-M* при объеме ОЗУ от сотен килобайт. На *fog*-уровне основной расход связан с обслуживанием окон и пересчетом статистик; при инкрементной реализации память растет линейно от числа каналов и размера окна, а время обработки одного отсчета остается постоянным. Практически это позволяет разместить *fog*-модуль на шлюзах уровня *Raspberry Pi* или промышленных компьютерах без выделенного ускорителя. Облачный классификатор может

использовать пакетную обработку и аппаратное ускорение (*GPU*), однако благодаря предварительному отбору нагрузка в облаке уменьшается и высвобождаются ресурсы для дополнительной аналитики, например для построения прогнозов остаточного ресурса и формирования рекомендаций по обслуживанию.

В итоге предложенная архитектура подтверждает выдвинутую гипотезу: сочетание *EMA* на периферии, адаптивного *Z*-детектора на шлюзе и *LSTM*-классификатора в облаке обеспечивает высокое качество ($F_1 = 0,94$) при значительном снижении сетевой нагрузки и задержки реакции. Ограничением остается зависимость нейросетевой модели от обучающей выборки и необходимость периодического дообучения при изменении профиля оборудования; перспективы связаны с учетом корреляций между разными датчиками и адаптацией моделей к конкретным технологическим процессам.

Литература

1. Гайфулина, Д.А. Анализ моделей глубокого обучения для задач обнаружения сетевых аномалий интернета вещей / Д.А. Гайфулина, И.В. Котенко // Информатика и автоматизация. – 2021. – Т. 20. – № 5. – С. 98–132.
2. Частикова, В.А. Нейросетевая технология обнаружения аномального сетевого трафика / В.А. Частикова, С.А. Жерлицын, Я.И. Воля, В.В. Сотников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2020. – № 162. – С. 55–71.
3. Шендеров, В.И. Применение больших данных и нейронных сетей для мониторинга и прогнозирования экологических изменений в России / В.И. Шендеров // Вопросы экологии. – 2024. – Т. 37. – № 1. – С. 98–127.
4. Басан, Е.С. Адаптивная система защиты сенсорных сетей от активных атак / Е.С. Басан, О.И. Силин, А.С. Басан // Информатика и автоматизация. – 2023. – Т. 22. – № 2. – С. 27–58.
5. Moustafa, N. UNSW-NB15: A Comprehensive Data Set for Network Intrusion Detection Systems / N. Moustafa, J. Slay // Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS), 2015. – P. 41–49.

References

1. Gajfulina, D.A. Analiz modelej glubokogo obucheniya dlya zadach obnaruzheniya setevykh anomalij interneta veshchej / D.A. Gajfulina, I.V. Kotenko // Informatika i avtomatizatsiya. – 2021. – Т. 20. – № 5. – С. 98–132.
2. CHastikova, V.A. Nejrosetevaya tekhnologiya obnaruzheniya anomalnogo setevogo trafika / V.A. CHastikova, S.A. ZHerlitsyn, YA.I. Volya, V.V. Sotnikov // Politematicheskij setevoj elektronnij nauchnij zhurnal Kubanskogo GAU. – 2020. – № 162. – С. 55–71.
3. SHenderov, V.I. Primenenie bolshikh dannykh i nejronnykh setej dlya monitoringa i prognozirovaniya ekologicheskikh izmenenij v Rossii / V.I. SHenderov // Voprosy ekologii. – 2024. – Т. 37. – № 1. – С. 98–127.
4. Basan, E.S. Adaptivnaya sistema zashchity sensorykh setej ot aktivnykh atak / E.S. Basan, O.I. Silin, A.S. Basan // Informatika i avtomatizatsiya. – 2023. – Т. 22. – № 2. – С. 27–58.

ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ UNET ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ РАЗМЕТКЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ

ЧЖОУ ЦЗЫХАО, ТЯНЬ ЦЗЯХУАНЬ, ЖЭНЬ МИНТАО

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
г. Томск

Ключевые слова и фразы: семантическая сегментация; *UNet*; глубинно-разделимые свертки; дистилляция знаний; полуконтролируемое обучение; медицинские изображения.

Аннотация: Цель исследования – разработать компактную модификацию *UNet* для сегментации медицинских изображений при дефиците разметки и ограниченных ресурсах. Задачи включали уменьшение параметров, сохранение точности при 10–20 % размеченных данных и проверку двухфазного обучения. Гипотеза состояла в том, что глубинно-разделимые свертки, легкое внимание, полуконтролируемое обучение и дистилляция компенсируют сокращение модели. Использованы сравнительный эксперимент, абляционный анализ, метрики *Dice* и *HD95*. В результате параметры снижены в 6,8 раза, *FLOPs* – в 7,2 раза, а отставание от учителя по *Dice* не превысило 1,1 п.п.

Семантическая сегментация медицинских изображений остается базовой задачей компьютерного зрения в клинических системах поддержки принятия решений, поскольку точность выделения органов и патологических зон непосредственно влияет на диагностику, планирование вмешательств и оценку эффективности лечения. Классическая архитектура *UNet* стала одним из наиболее устойчивых решений для такого класса задач благодаря сочетанию энкодера, декодера и пропускных соединений, которые позволяют совместить глобальный контекст и пространственную детализацию [1]. Однако при переносе этой схемы из исследовательской среды в реальную практику быстро проявляются два ограничения: небольшое количество экспертно размеченных исследований и недостаточный вычислительный ресурс типовой клинической инфраструктуры. Наиболее востребованные модели нередко обучаются и тестируются на производительных графических ускорителях, тогда как в больницах и лабораториях чаще доступны: одна видеокарта среднего класса, ограниченный объем памяти и необхо-

димость получать результат в интерактивном режиме.

Проблема дефицита разметки особенно заметна в медицинских данных, где каждый контур создается специалистом, а цена ошибки и межэкспертные расхождения остаются высокими. Даже если лечебное учреждение накапливает тысячи исследований, полностью аннотированными оказываются лишь десятки серий, и этого объема недостаточно для стабильного обучения тяжелых архитектур без риска переобучения. Одновременно распространенная стратегия простого наращивания емкости модели приводит к росту числа параметров, увеличению задержки инференса и усложнению развертывания на периферийных устройствах. В результате возникает противоречие: для повышения точности нужны более выразительные сети, а для практического внедрения требуются компактные и устойчивые решения. Современные самонастраиваемые и гибридные модели показывают высокий результат при полном наборе меток, но их вычислительные требования и зависимость от объема данных затрудня-

ют использование в сценариях ограниченного бюджета [3], тогда как исследования полуконтролируемого обучения прямо указывают на необходимость извлекать информацию из неразмеченных выборок [4].

Цель исследования состояла в разработке компактной модификации *UNet* для высокоточной сегментации медицинских изображений в условиях ограниченной разметки и умеренных вычислительных ресурсов. Для достижения цели были поставлены три взаимосвязанные задачи: сократить параметрическую и вычислительную сложность базовой сети, сохранить качество сегментации при обучении на 10–20 % размеченных данных и проверить, насколько двухфазная стратегия обучения позволяет передать компактной модели свойства более тяжелого учителя. Рабочая гипотеза заключалась в том, что изолированное облегчение архитектуры неизбежно ведет к потере межканальных и пространственных зависимостей, но эта потеря может быть компенсирована сочетанием гибридных сверток, легкого внимания в пропускных соединениях, полуконтролируемого формирования псевдоразметки и последующей дистилляции знаний. Тем самым архитектурная компрессия рассматривается не как отдельная процедура, а как часть единого конвейера обучения и инференса.

В качестве материалов использовались два открытых набора медицинских данных, различающихся по модальности и сложности сегментации: *Synapse Multi-Organ Segmentation* с абдоминальными КТ-срезами и *ACDC Cardiac Segmentation* с МРТ сердца. Такая комбинация позволила оценить решение на неоднородных структурах, разном числе классов и разной визуальной текстуре. Для имитации реальной клинической ситуации формировались подвыборки с 10 %, 20 % и 100 % размеченных объемов, а остальные изображения использовались как неразмеченные. В экспериментальной схеме сравнивались три уровня моделей: базовая *UNet* как отправная точка, тяжелая сеть «учитель» для получения устойчивых вероятностных карт и компактная сеть «ученик», предназначенная для финального развертывания. Такой дизайн позволил разделить эффект собственно архитектурных изменений и эффект стратегии обучения.

Архитектурная модификация была основана на принципе выборочного замещения стандартных сверток глубинно-разделимыми.

Подобные операции уменьшают число параметров и операций умножения за счет разделения пространственной фильтрации и межканального смешивания [2], однако их прямое использование во всех слоях обычно ухудшает качество на ранних уровнях извлечения признаков. Поэтому в работе принят гибридный вариант: первый сверточный блок каждого уровня энкодера сохраняет стандартную свертку, а второй заменяется на *depthwise separable convolution*; в декодере применяются облегченные блоки, поскольку там используются уже более информативные карты признаков. Такое распределение снижает нагрузку на самые дорогие по вычислениям участки сети, но не разрушает механизм первичного формирования локальных признаков. Дополнительно уменьшено число каналов в компактной ветви, что дало ощутимое сокращение параметров без резкого падения точности.

Потеря выразительности, которая обычно сопровождается облегчением сверточной части, компенсировалась модулем легкого канально-пространственного внимания в пропускных соединениях. Перед конкатенацией признаков из энкодера и декодера сеть выполняла переоценку значимости каналов и пространственных областей, чтобы подавлять шум и усиливать контуры анатомических структур. В отличие от тяжелых блоков внимания, предложенный модуль не создавал заметного прироста параметров, но помогал сохранить информативность тонких и контрастно слабых границ. Содержательно это важно именно для медицинских изображений, где полезные признаки нередко локализованы на небольшом участке кадра, а фон может доминировать по площади. Тем самым пропускные соединения использовались не просто как канал передачи высокодетализированных карт, а как механизм контролируемого отбора данных для восстановления маски в декодере.

Обучение организовывалось в два этапа. На первой фазе более тяжелая модель обучалась в полуконтролируемом режиме: размеченные изображения использовались для вычисления контролируемой функции потерь, а неразмеченные – для согласования предсказаний между текущей сетью и ее сглаженной копией. Такая схема соответствует общей логике современных полуконтролируемых методов сегментации, где устойчивые псевдометки формируются не только из исходного изображения, но и из требования инвариантности к аугментациям

[4]. В работе применялись геометрические преобразования, изменения яркости и эластические деформации, что помогало получать более надежные вероятностные карты на неразмеченной части выборки. После завершения первой фазы учитель генерировал мягкие предсказания для всего набора данных, включая случаи, где отсутствовала ручная разметка.

На второй фазе обучалась компактная модель «ученик». Ее функция потерь включала взвешенную кросс-энтропию, *Dice* компоненту для компенсации дисбаланса классов и дистилляционный член, который штрафует расхождение между распределениями учителя и ученика. В отличие от обучения только на жестких метках такая постановка позволяет переносить не только факт принадлежности пикселя классу, но и структуру неопределенности, особенно важную на границах органов и в областях частичного объема. В литературе по дистилляции для медицинской сегментации подчеркивается, что именно мягкие распределения повышают устойчивость компактных моделей при уменьшении емкости [5]; поэтому в работе использовалась температура сглаживания, а для псевдоразметки дополнительно применялась фильтрация по энтропии, отсекающая явно ненадежные области. В итоге ученик получал одновременно информацию от ручной разметки, от псевдометок и от распределения вероятностей учителя.

Экспериментальная часть была построена так, чтобы оценить не только качество сегментации, но и инженерную пригодность решения. Обучение проводилось на одной *GPU NVIDIA RTX 3060 12 GB*, что соответствует уровню оборудования, доступному небольшой исследовательской группе или клиническому отделению. Для *Synapse* использовался батч 8, для *ACDC* – батч 16; оптимизация выполнялась методом *AdamW* с косинусным расписанием скорости обучения. Качество оценивалось по *Dice* и *HD95*, а вычислительная эффективность – по числу параметров, *FLOPs*, потреблению памяти и времени инференса одного среза 256×256 . Такое сочетание метрик важно, поскольку высокая точность без учета латентной стоимости модели не решает задачу практического внедрения. Напротив, статья исходит из того, что сегментационный алгоритм должен быть одновременно точным, воспроизводимым и исполнимым на ограниченном наборе ресурсов.

Полученные результаты подтвердили ис-

ходную гипотезу. Компактная модель ученика содержала около 4,7 млн параметров против 31,4 млн у базовой *UNet*, а вычислительная сложность уменьшалась с 54,7 до 7,6 *GFLOPs*, то есть примерно в 7,2 раза. При этом на *Synapse* при 20 % размеченных данных ученик достигал *Dice* 76,3 %, тогда как тяжелый учитель показывал 77,1 %, а базовая *UNet* – 72,3 %. Отставание компактной модели от учителя не превышало 0,8 п.п., но по эффективности такой разрыв оказался принципиально выгодным: время инференса одного среза сокращалось до 8,2 мс, а потребление видеопамати заметно уменьшалось. На *ACDC* наблюдалась та же тенденция: при меньшем числе классов абсолютные значения *Dice* были выше, но относительное преимущество двухфазного конвейера над чисто контролируемым обучением сохранялось.

Особенно важным оказался режим малого числа меток. При использовании лишь 10 % размеченных данных компактный ученик обеспечивал средний *Dice* 73,1 % на *Synapse*, тогда как стандартная *UNet*, обученная только на размеченной части, давала 64,8 %. Таким образом, выигрыш составлял 8,3 п.п., и он не может быть объяснен одной только заменой свертки. Абляционный анализ показал, что отключение модуля внимания снижало качество примерно на 1,7 п.п. при 20 % разметки, а отказ от дистилляции приводил к гораздо более сильной деградации – до 69,4 %. Это означает, что основным источником прироста выступает не просто компактная архитектура, а ее обучение в связке с более сильным учителем и неразмеченными данными. В то же время внимание остается необходимым компонентом, поскольку именно оно снижает потери информации, возникающие после облегчения декодера и пропускных соединений.

Содержательный анализ результатов показывает, что предлагаемая схема работает за счет распределения функций между компонентами. Гибридные свертки уменьшают стоимость вычислений; блок внимания возвращает часть потерянной селективности; полуконтролируемый этап позволяет учителю извлечь структуру данных за пределами размеченного подмножества; дистилляция переносит это знание в компактную сеть без увеличения ее размера. Если рассматривать каждый элемент изолированно, его вклад выглядит умеренным, но при совместном применении возникает выраженный синергетический эффект. Для практики это означает, что

ресурсоограниченная система не обязана напрямую конкурировать с тяжелой моделью за счет одного только сжатия. Напротив, экономная архитектура должна проектироваться сразу под конкретный сценарий обучения, где часть сложности переносится в офлайн этап подготовки учителя, а финальный инференс остается дешевым и быстрым.

Полученные данные также позволяют очертить границы применимости метода. Конвейер зависит от качества первой фазы: если учитель формирует систематически ошибочные псевдометки из-за сильного доменного сдвига или экстремально малого объема разметки, ученик наследует эту ошибку. Кроме того, двухфазная организация увеличивает суммарное время обучения по сравнению с одноэтапной схемой, что допустимо в исследовательском цикле, но требует дополнительного планирования в производственной среде. Метод не отменяет необходимости контроля качества данных и корректной предобработки; он лишь повышает отдачу от имеющегося набора изображений. В дальнейшем целесообразно проверить сочетание предложенной архитектуры с активным обучением, автоматическим выбором наиболее

информативных случаев для разметки и посттренировочным квантованием, которое может дополнительно ускорить инференс без значимой потери точности.

Таким образом, исследование показало, что компактная *UNet* может сохранять конкурентоспособное качество сегментации даже при жестких ограничениях по разметке и вычислительным ресурсам, если ее проектировать как часть целостного конвейера. Предложенная модификация сочетает архитектурное облегчение, контролируемый отбор признаков в пропускных соединениях и перенос знаний от более сильной модели. На практике это дает три результата, имеющих самостоятельную ценность: существенное снижение параметров и *FLOPs*, устойчивую работу при 10–20 % размеченных данных и возможность развертывания на доступном оборудовании без заметной потери качества по сравнению с учителем. Следовательно, гипотеза исследования подтверждена, а разработанный подход может рассматриваться как реалистичная основа для клинических и лабораторных систем сегментации, где цена вычислений и дефицит экспертной разметки выступают не исключением, а нормой.

Литература

1. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science. – 2015. – Vol. 9351. – P. 234–241.
2. Самарин, И.В. Применение глубокого обучения и спутниковых данных для мониторинга и прогнозирования лесных пожаров в России: анализ эффективности и перспектив / И.В. Самарин // Вопросы экологии. – 2024. – Т. 37. – № 1. – С. 128–155.
3. Isensee, F. nnU-Net: A Self-Configuring Method for Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation / F. Isensee, P.F. Jaeger, S.A.A. Kohl, J. Petersen, K.H. Maier-Hein // Nature Methods. – 2021. – Vol. 18. – No. 2. – P. 203–211.
4. Jiao, R. Learning with Limited Annotations: A Survey on Deep Semi-Supervised Learning for Medical Image Segmentation / R. Jiao, Y. Zhang, L. Ding, et al. // Computers in Biology and Medicine. – 2023. – Vol. 169. – P. 107840.
5. Zhao, Z. MSKD: Structured Knowledge Distillation for Efficient Medical Image Segmentation / Z. Zhao, N. Bien, C.B. Stadler, et al. // Computers in Biology and Medicine. – 2023. – Vol. 164. – P. 107302.

References

2. Samarina, I.V. Application of deep learning and satellite data for monitoring and forecasting forest fires in Russia: analysis of effectiveness and perspectives / I.V. Samarina // Voprosy ekologii. – 2024. – T. 37. – № 1. – S. 128–155.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТЕЙ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В.С. ЧЕРНИКОВ, М.В. ЛИФИРЕНКО

*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород*

Ключевые слова и фразы: наружное освещение; системы управления освещением; предиктивное обслуживание; эксплуатация инженерных систем; техническое состояние оборудования; анализ эксплуатационных данных; мониторинг; городская инфраструктура.

Аннотация: В статье ставится цель – повысить эффективность эксплуатации и технического обслуживания сетей наружного освещения за счет перехода от реактивных и регламентных подходов к предиктивной оценке состояния оборудования. Гипотеза исследования состоит в том, что даже при разнородном составе оборудования, неполной автоматизации и ограниченном наборе телеметрических данных возможно построить достоверную оценку риска отказа на основе комбинированного анализа доступных исторических и текущих данных.

Для достижения цели решались следующие задачи: анализ специфики инфраструктуры наружного освещения; разработка методики предиктивной оценки состояния, не требующей внедрения дополнительных датчиков и сложных алгоритмов машинного обучения; формирование агрегированного показателя состояния оборудования, интегрирующего накопленные закономерности отказов и текущие отклонения режимов работы; определение приоритетов технического обслуживания на основе прогноза риска отказа.

Методологической основой выступает комбинированный анализ исторических данных эксплуатации и текущих параметров, поступающих от существующих систем управления освещением. В качестве ключевого инструмента предложена агрегированная метрика состояния, позволяющая количественно оценивать деградацию оборудования и формировать прогноз отказов.

В результате показано, что предложенный подход обеспечивает повышение надежности эксплуатации сетей наружного освещения, снижение доли аварийных ремонтов и более равномерное распределение эксплуатационных затрат. Методика применима как для крупных городов, так и для небольших населенных пунктов, и представляет собой практический этап перехода от реактивного обслуживания к элементам предиктивной аналитики.

Современные системы наружного освещения являются важнейшим элементом городской инфраструктуры, обеспечивающим безопасность дорожного движения, комфорт городской среды и социальную устойчивость населенных пунктов. Масштабность и распределенный характер таких систем, включающих тысячи светильников, шкафов управления и каналов передачи данных, обуславливают высокие требования к надежности их эксплуатации и эффективности процессов технического

обслуживания. Существенная доля затрат муниципальных бюджетов приходится именно на эксплуатацию и поддержание работоспособности сетей наружного освещения, что делает задачу повышения их эффективности экономической и социально значимой.

Вместе с тем в практике эксплуатации систем наружного освещения до настоящего времени преобладает реактивный подход к техническому обслуживанию, при котором ремонтные и восстановительные работы вы-

полняются после возникновения отказа оборудования. Такой подход приводит к увеличению времени отсутствия освещения на отдельных участках, росту аварийных ситуаций, а также к неравномерному и трудно прогнозируемому распределению эксплуатационных затрат. Кроме того, реактивное обслуживание не позволяет в полной мере использовать возможности современных систем мониторинга и управления, основанных на сборе телеметрических данных и удаленном контроле состояния оборудования.

Дополнительной проблемой является неэффективное использование ресурсов обслуживания, обусловленное отсутствием учета фактического технического состояния оборудования. Планирование регламентных работ по жестким календарным графикам без анализа эксплуатационных параметров приводит как к преждевременному обслуживанию исправного оборудования, так и к запоздалому выявлению элементов сети, находящихся в состоянии деградации. В результате снижается общая надежность системы наружного освещения и увеличивается вероятность внезапных отказов.

Актуальность повышения эффективности эксплуатации систем наружного освещения соответствует приоритетным направлениям государственной политики в области энергосбережения, энергоэффективности и цифровизации городского хозяйства.

Развитие цифровых технологий, систем удаленного мониторинга и элементов Интернета вещей создает предпосылки для перехода к предиктивным стратегиям эксплуатации, ориентированным на предупреждение отказов и оптимизацию процессов обслуживания. Вместе с тем большинство существующих научных и прикладных решений в области предиктивного обслуживания предполагают использование сложных алгоритмов машинного обучения и развитой сенсорной инфраструктуры, что существенно ограничивает их практическую применимость в условиях реальной эксплуатации сетей наружного освещения в Российской Федерации.

В этой связи актуальной является разработка прикладных методик предиктивной оценки состояния оборудования, ориентированных на использование ограниченного, но стабильно доступного набора эксплуатационных данных, собираемых существующими системами управления освещением. Такой подход позволяет реализовать элементы предиктивной аналити-

ки без существенных капитальных вложений и обеспечить применимость решений в условиях разнородной инфраструктуры и ограниченных бюджетов.

Целью настоящей статьи является разработка и описание методики предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения, основанной на комбинированном анализе исторических данных эксплуатации и текущих параметров мониторинга, направленной на повышение эффективности эксплуатации и технического обслуживания.

Для достижения поставленной цели рассматриваются методы анализа накопленных эксплуатационных данных и данных датчиков, формируются алгоритмы прогнозной оценки технического состояния оборудования и обосновывается их практическая применимость в системах управления наружным освещением.

В практике эксплуатации систем наружного освещения применяются различные подходы к организации технического обслуживания, выбор которых во многом определяется масштабом системы, уровнем автоматизации и финансовыми возможностями эксплуатирующей организации. В условиях крупных городов с развитой инфраструктурой чаще внедряются автоматизированные системы мониторинга, тогда как в небольших населенных пунктах эксплуатация нередко осуществляется с минимальным уровнем автоматизации и ограниченным набором контрольных параметров. При этом в обоих случаях сохраняется общая проблема неэффективного использования ресурсов обслуживания.

Традиционные методы эксплуатации основаны на регламентном и реактивном техническом обслуживании. Регламентный подход предполагает выполнение работ по заранее установленным временным интервалам, независимо от фактического состояния оборудования. В условиях ограниченных бюджетов, характерных для малых населенных пунктов, такой подход приводит к избыточным затратам на обслуживание исправных элементов сети и снижает возможность оперативного реагирования на критические неисправности. Реактивный подход, напротив, минимизирует плановые затраты, однако сопровождается ростом аварийных ситуаций, увеличением времени восстановления освещения и дополнительными расходами на внеплановые ремонты.

В последние годы в зарубежных исследо-

ваниях в области эксплуатации инженерных систем и городской инфраструктуры широкое распространение получили методы предиктивного обслуживания, основанные на применении алгоритмов машинного обучения и анализа больших данных. В научных публикациях рассматриваются различные классы моделей, включая искусственные нейронные сети, методы ансамблевого обучения (*Random Forest*, *Gradient Boosting*), методы опорных векторов, а также глубокие рекуррентные нейронные сети, ориентированные на анализ временных рядов эксплуатационных параметров.

Анализ зарубежных публикаций, посвященных предиктивному обслуживанию инженерных и осветительных систем, показывает, что большинство предлагаемых моделей машинного обучения базируется на использовании расширенного набора данных, формируемого специализированной измерительной инфраструктурой. В типичном случае в состав анализируемых данных включаются следующие группы параметров.

Во-первых, это высокочастотные временные ряды электрических параметров оборудования, включая мгновенные значения токов и напряжений по фазам, активную и реактивную мощность, коэффициент мощности, гармонические искажения, а также динамику переходных процессов при включении и выключении нагрузки. Такие данные используются для выявления деградации источников питания, драйверов светодиодов и коммутационных элементов.

Во-вторых, в ряде работ активно применяются данные от температурных датчиков, размещенных непосредственно на корпусах светильников, драйверах и элементах управления. Анализ температурных профилей позволяет прогнозировать ускоренный износ электронных компонентов и снижение светового потока. Для повышения точности прогнозов используются не только абсолютные значения температуры, но и скорость ее изменения во времени.

В-третьих, существенное место занимают данные от вибрационных и акустических датчиков, применяемых для выявления механических дефектов, ослабления креплений и деградации элементов конструкции. Подобные методы широко представлены в исследованиях, посвященных промышленному оборудованию и системам вентиляции, и в отдельных работах адаптируются для осветительных установок.

В-четвертых, в современных исследова-

ниях все чаще используются визуальные данные, получаемые с камер технического зрения. Методы компьютерного зрения позволяют выявлять изменение яркости, мерцание, неравномерность светового потока, а также внешние дефекты корпусов светильников. Такие подходы требуют наличия распределенной сети камер и значительных вычислительных ресурсов для обработки изображений.

Дополнительно в ряде работ используются данные об условиях окружающей среды, включая параметры освещенности, влажности, запыленности, погодные условия, а также информацию о режиме эксплуатации и пользовательских сценариях. Все указанные данные, как правило, собираются с высокой частотой дискретизации и аккумулируются в централизованных хранилищах для последующего анализа и обучения моделей.

Методы анализа данных в указанных исследованиях, как правило, включают этапы предварительной обработки и очистки данных, нормализации и снижения размерности признакового пространства, формирования обучающих и тестовых выборок, а также последующего обучения и валидации моделей. Результатом применения таких подходов является получение вероятностных оценок отказов оборудования, прогнозирование остаточного ресурса, а также автоматическая классификация технического состояния объектов по заданным классам.

В ряде зарубежных работ подобные методы адаптируются для задач управления уличным и архитектурным освещением, в том числе для прогнозирования отказов светодиодных модулей, драйверов питания и элементов управления. Отмечается, что при наличии однородного парка оборудования и развитой сенсорной инфраструктуры применение методов машинного обучения позволяет снизить количество аварийных отказов и оптимизировать графики технического обслуживания.

Несомненным преимуществом указанных подходов является потенциально высокая точность прогнозирования и возможность выявления сложных нелинейных зависимостей между параметрами эксплуатации и вероятностью отказа оборудования. В условиях полностью автоматизированных и технологически однородных инфраструктур такие решения могут обеспечивать значительный экономический эффект за счет раннего выявления скрытых дефектов и оптимизации затрат на обслуживание.

Реализация подобных подходов предъявляет жесткие требования к инфраструктуре систем управления освещением, включая наличие однородного парка оборудования, развитой сенсорной сети, стабильных каналов связи и длительных исторических рядов данных достаточного объема и качества. В зарубежных исследованиях подчеркивается, что эффективность моделей машинного обучения напрямую зависит от полноты и репрезентативности обучающих выборок.

Вместе с тем применение подобных методов в реальных условиях эксплуатации сетей наружного освещения в Российской Федерации сталкивается с рядом объективных ограничений. Во-первых, существующая инфраструктура управления освещением характеризуется высокой степенью разнородности и фрагментарности. В эксплуатации одновременно находятся светильники различных поколений и типов, включая устаревшие источники света, такие как ртутные и натриевые лампы, а также широкий спектр светодиодных светильников с различной элементной базой и качеством исполнения. Во-вторых, большинство применяемых систем управления обеспечивают передачу лишь ограниченного набора параметров, ориентированных преимущественно на учет электроэнергии и базовую самодиагностику, без возможности мониторинга состояния оборудования в динамике на уровне отдельных компонентов.

Кроме того, внедрение дополнительных датчиков, камер и специализированных сенсорных систем требует значительных капитальных затрат, а также последующих расходов на их эксплуатацию и обслуживание. Эти затраты особенно чувствительны для небольших населенных пунктов, где бюджеты на содержание систем наружного освещения ограничены и ориентированы прежде всего на обеспечение минимально необходимого уровня надежности. В таких условиях применение сложных предиктивных моделей, требующих больших объемов высококачественных и репрезентативных данных, становится экономически и организационно затруднительным.

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость разработки адаптированных методик предиктивной аналитики, ориентированных на использование ограниченного, но доступного набора данных, формируемого существующими системами управления наруж-

ным освещением.

Предложенная в настоящей работе методика принципиально отличается от большинства зарубежных подходов ориентацией на использование уже доступных данных, собираемых существующими системами управления наружным освещением. Вместо построения вычислительно сложных моделей машинного обучения методика опирается на комбинированный анализ исторических данных эксплуатации и текущих параметров состояния оборудования с использованием формализованных критериев и агрегированных показателей. Такой подход позволяет реализовать элементы прогнозирования технического состояния оборудования без существенного увеличения капитальных и эксплуатационных затрат и соответствует текущему уровню развития инфраструктуры городского освещения.

Дополнительным преимуществом предлагаемого подхода является его прозрачность и интерпретируемость. В отличие от «черных ящиков» машинного обучения, результаты оценки и прогнозирования состояния оборудования формируются на основе явно заданных показателей и могут быть непосредственно интерпретированы эксплуатационным персоналом. Это упрощает принятие управленческих решений, повышает доверие к результатам анализа и соответствует требованиям муниципальной практики эксплуатации.

Таким образом, предлагаемая методика не противопоставляется зарубежным решениям, основанным на машинном обучении, а рассматривается как практический и адаптационный этап эволюции систем управления наружным освещением. Она обеспечивает переход от реактивного обслуживания к элементам предиктивной аналитики в условиях неполной автоматизации и ограниченных ресурсов, формируя методологическую и информационную основу для последующего внедрения более сложных интеллектуальных алгоритмов по мере развития инфраструктуры и увеличения объема доступных данных.

Предлагаемая методика предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения ориентирована на практическое применение в условиях реальной инфраструктуры, характеризующейся разнородным составом оборудования, ограниченным набором измеряемых параметров и различным уровнем автоматизации. В отличие от подходов, осно-

ванных на использовании специализированных датчиков и сложных моделей машинного обучения, методика опирается на анализ данных, уже доступных в существующих системах управления освещением, и предполагает иерархическую структуру оценки технического состояния элементов сети.

Методика использует два взаимодополняющих источника информации. Первый источник представляет собой исторические данные эксплуатации оборудования, включающие сведения о наработке, частоте отказов, типах неисправностей, а также условиях эксплуатации различных групп светильников и элементов сети. Второй источник формируется на основе текущих данных мониторинга, передаваемых шкафами управления и отдельными устройствами управления освещением, таких как электрические параметры сети, показатели качества электроснабжения, данные самодиагностики и состояние каналов связи.

Для реализации предлагаемой методики формирование входных данных осуществляется на основе информации, доступной в рамках существующих систем управления наружным освещением, без внедрения дополнительных измерительных средств. Источниками данных являются шкафы управления наружным освещением, контроллеры управления линиями освещения, а также подсистемы учета электроэнергии и событий эксплуатации.

Сбор исторических данных осуществляется путем накопления информации, формируемой в процессе штатной эксплуатации системы управления освещением. К таким данным относятся сведения о датах ввода оборудования в эксплуатацию, зарегистрированные аварийные отключения, факты потери связи, превышения допустимых электрических параметров, а также информация о выполненных ремонтных и регламентных работах. Исторические данные аккумулируются в виде журналов событий и агрегированных эксплуатационных показателей с привязкой к конкретным элементам сети.

Сбор текущих данных осуществляется в режиме, предусмотренном штатными средствами системы управления, и включает параметры, передаваемые шкафами управления и устройствами телеметрии на верхний уровень. Частота обновления данных определяется архитектурой системы и, как правило, составляет от нескольких минут до одного часа, что является достаточным для задач эксплуатационного анализа и

оценки деградации оборудования.

Таким образом, методика ориентирована на использование данных, которые уже формируются в процессе эксплуатации и не требуют изменения аппаратной архитектуры системы управления освещением.

Ключевым принципом методики является разделение анализа по уровням системы наружного освещения, что позволяет корректно интерпретировать параметры мониторинга и избежать некорректного переноса показателей состояния между различными объектами. В рамках методики выделяются три уровня анализа: уровень отдельного светильника, уровень линии наружного освещения и уровень шкафа управления.

Уровень светильника рассматривается в случае наличия управляемого драйвера и канала передачи данных (например, *DALI*, *PLC*, радиоканал). На данном уровне возможна оценка технического состояния конкретного светильника на основе параметров его электрического и теплового режима. Типовой набор данных включает:

- температуру драйвера, °C;
- выходной ток драйвера, А;
- напряжение питания драйвера, В;
- коэффициент мощности драйвера, безразмерная величина;
- суммарную наработку, ч;
- количество циклов включения/выключения, шт.

Указанные параметры непосредственно связаны с процессами деградации электронных компонентов драйвера и позволяют оценивать риск отказа конкретного светильника.

Уровень линии наружного освещения является базовым и применим даже в системах без адресного управления светильниками. Анализ осуществляется на основе агрегированных электрических параметров линии, передаваемых шкафами управления. Для данного уровня используются следующие данные:

- суммарная активная мощность линии, кВт;
- фазные токи, А;
- фазные напряжения, В;
- коэффициент мощности линии, безразмерная величина;
- асимметрия токов и напряжений, %;
- длительность эксплуатации линии, лет.

Динамика указанных параметров позволяет выявлять деградацию группы светильников,

Таблица 1. Пример структуры данных для предиктивной оценки состояния оборудования

Объект анализа	Параметр	Единица измерения / формат
Светильник	Тип источника света	категориальный
Светильник	Производитель, модель	текст
Светильник	Номинальная мощность	Вт
Светильник	Температура драйвера	°С
Светильник	Ток драйвера	А
Светильник	Наработка	ч
Линия освещения	Активная мощность	кВт
Линия освещения	Фазные токи	А
Линия освещения	Коэффициент мощности	–
Линия освещения	Срок эксплуатации	лет
Шкаф управления	Температура внутри шкафа	°С
Шкаф управления	Состояние коммутационных аппаратов	логический
Шкаф управления	Качество связи	логический / %

скрытые отказы, постепенную потерю нагрузки и нештатные режимы работы оборудования на линии.

Уровень шкафа управления используется для оценки надежности узла управления и коммутации и не применяется для прямой оценки состояния светильников. На данном уровне анализируются:

- температура внутри шкафа управления, °С;
- состояние автоматических выключателей и контакторов (включено/отключено), логический формат;
- наличие и стабильность связи с верхним уровнем, логический формат;
- события самодиагностики (открытие двери, задымление, перегрев), событийный формат;
- параметры электроснабжения шкафа управления, В, А.

Данные указанного уровня позволяют прогнозировать отказы элементов управления и снижать риск потери управляемости линии наружного освещения.

Для реализации методики используется формализованная матрица данных, отражающая основные характеристики и параметры мониторинга элементов системы наружного освещения. Пример структуры матрицы приведен в табл. 1.

Использование такой структуры позволяет учитывать разнородность оборудования и различия в уровне доступности данных при сохранении единого подхода к оценке технического состояния.

Текущие данные мониторинга используются для оценки фактического состояния оборудования в реальном времени. В большинстве существующих систем управления наружным освещением доступен ограниченный набор параметров, включающий значения напряжения и токов, активную и реактивную мощность, коэффициент мощности, температуру внутри шкафов управления, состояние коммутационных аппаратов и наличие связи с верхним уровнем. Несмотря на ограниченность такого набора, его анализ позволяет выявлять отклонения от нормального режима работы, свидетельствующие о начальных стадиях деградации оборудования или повышенном риске отказа.

Для количественной оценки текущего состояния оборудования вводится набор нормализованных показателей, отражающих отклонение измеряемых параметров от допустимых значений. Нормализация параметров осуществляется по формуле:

$$x_i^{norm}(t) = \frac{x_i(t) - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}},$$

где $x_i(t)$ – текущее значение параметра, x_i^{\min} и x_i^{\max} – минимально и максимально допустимые значения параметра, определенные на основе нормативной документации и эксплуатационного опыта.

На основе нормализованных параметров формируется текущая оценка состояния оборудования $D(t)$, представляющая собой взвешенную сумму показателей:

$$D(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i^{norm}(t),$$

где ω_i – весовой коэффициент параметра, отражающий его влияние на надежность оборудования.

Историческая оценка состояния учитывает наработку и статистику отказов оборудования и может быть представлена в виде:

$$H(t) = 1 - \frac{T_{exp}(t)}{T_{ref}},$$

где T_{exp} – фактическая наработка оборудования, T_{ref} – нормативный ресурс для соответствующей группы оборудования.

Для интеграции указанных источников информации в рамках методики вводится агрегированный показатель состояния оборудования, отражающий как накопленные закономерности эксплуатации, так и текущее состояние объекта. В общем виде данный показатель может быть представлен в виде взвешенной суммы оценок, полученных на основе исторических и текущих данных:

$$S(t) = \alpha H(t) + \beta D(t),$$

где $H(t)$ представляет собой оценку состояния оборудования на основе исторических данных эксплуатации, $D(t)$ – оценку состояния на основе текущих данных мониторинга, а коэффициенты α и β определяют относительную значимость соответствующих источников информации и могут настраиваться в зависимости от доступности данных и условий эксплуатации.

Оценка $H(t)$ формируется на основе анализа временных рядов отказов и параметров эксплуатации для соответствующей группы оборудования. В условиях ограниченных объемов

данных для малых населенных пунктов данная оценка может базироваться на обобщенных статистических показателях, таких как среднее время наработки до отказа и относительная частота неисправностей. Для крупных городов с развитой системой учета возможна более детальная оценка, учитывающая сезонные и территориальные особенности эксплуатации.

Оценка $D(t)$ отражает текущее состояние оборудования и формируется путем сравнения измеряемых параметров с допустимыми диапазонами и характерными значениями, полученными на основе анализа исторических данных. Отклонения электрических параметров, рост температуры внутри шкафов управления, нестабильность канала связи или аномальное поведение коммутационных аппаратов рассматриваются как индикаторы повышенного риска отказа. При этом методика не требует наличия специализированных датчиков и использует только те параметры, которые уже доступны в существующих системах управления освещением.

Для практического применения методики агрегированный показатель состояния $S(t)$ может быть интерпретирован как интегральный показатель риска отказа оборудования:

$$R(t) = 1 - S(t),$$

где $R(t)$ принимает значения в диапазоне от 0 до 1 и характеризует относительный уровень риска отказа элемента сети наружного освещения. Значения $R(t)$, превышающие заданный порог, используются для автоматического формирования перечня оборудования, требующего приоритетного технического обслуживания.

На основе агрегированного показателя состояния формируется прогноз изменения состояния оборудования во времени. Прогноз может носить краткосрочный характер и использоваться для определения приоритетов технического обслуживания, а также среднесрочный характер, позволяющий планировать ремонтные работы и замену оборудования с учетом бюджетных ограничений. Такой подход обеспечивает гибкость методики и делает ее применимой как в условиях мегаполисов, так и в небольших населенных пунктах.

Общая структура предлагаемого алгоритма предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения представлена в виде блок-схемы (рис. 1), отражающей после-

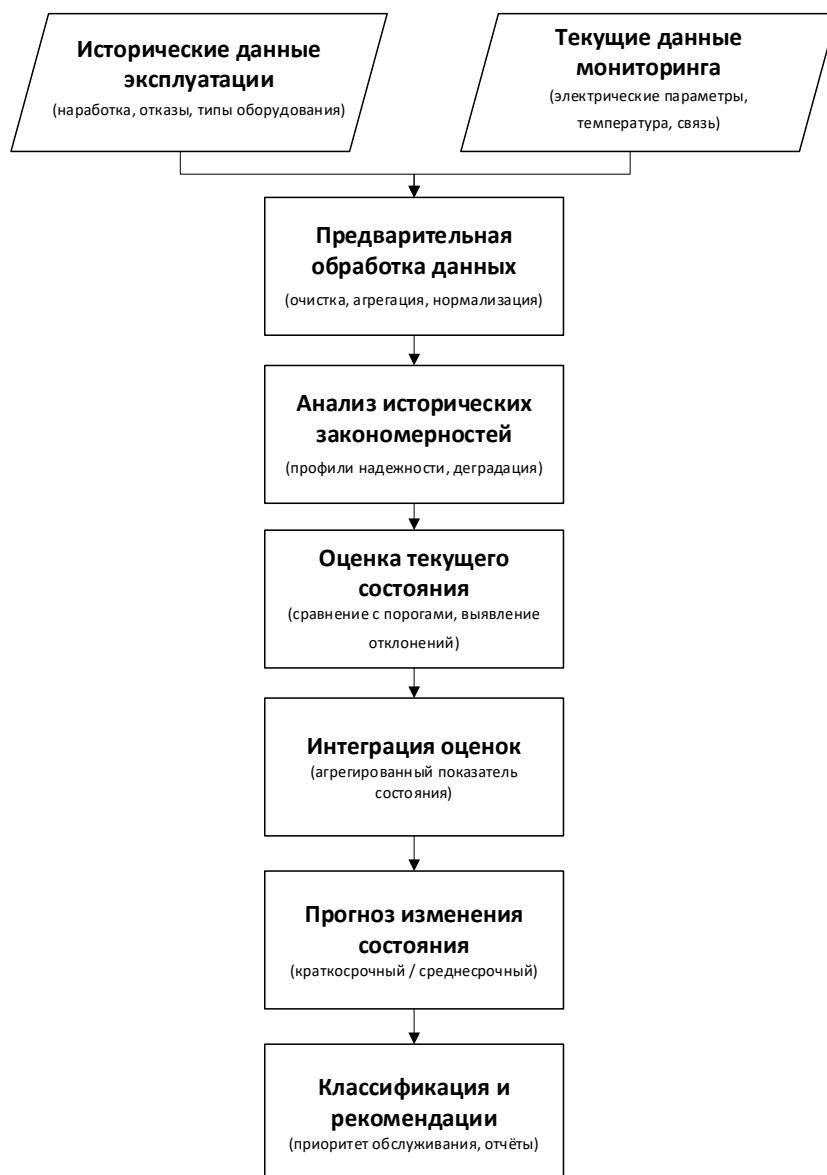


Рис. 1. Блок-схема предлагаемого алгоритма предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения

довательность обработки данных от этапа их сбора до формирования прогнозных выводов и рекомендаций по техническому обслуживанию.

На первом этапе осуществляется формирование массива входных данных, включающего исторические и текущие эксплуатационные параметры оборудования сети наружного освещения. Исторические данные содержат информацию о наработке оборудования, частоте отказов, ранее зафиксированных неисправностях и условиях эксплуатации различных групп светильников и элементов сети. Текущие данные поступают от систем управления освещением и

включают электрические параметры (напряжение, ток, мощность, коэффициент мощности), показатели самодиагностики шкафов управления, температурные значения и характеристики качества канала связи.

На следующем этапе выполняется предварительная обработка данных. Данный блок включает очистку данных от пропусков и аномальных значений, агрегацию параметров за заданные интервалы времени, а также приведение данных к единому формату. Для повышения устойчивости алгоритма к кратковременным помехам используются усредненные и относи-

тельные показатели, что позволяет выявлять устойчивые тенденции деградации оборудования, а не единичные отклонения.

После предварительной обработки данные поступают в блок анализа исторических закономерностей эксплуатации. В данном блоке формируются обобщенные профили поведения оборудования различных типов, основанные на накопленных статистических данных. Результатом работы блока является оценка базового уровня надежности оборудования и характерных сроков его деградации, используемая для формирования исторической составляющей агрегированного показателя состояния.

Параллельно осуществляется анализ текущего состояния оборудования на основе данных мониторинга. В этом блоке производится сопоставление измеряемых параметров с допустимыми диапазонами и нормативными значениями, установленными на основе эксплуатационного опыта и технической документации. Выявленные отклонения интерпретируются как индикаторы повышенного риска отказа и используются для формирования текущей составляющей оценки состояния оборудования.

Далее результаты анализа исторических и текущих данных объединяются в блоке интеграции показателей, где формируется агрегированный показатель технического состояния оборудования. Данный показатель отражает как накопленные закономерности эксплуатации, так и фактическое состояние объекта в текущий момент времени. На основе его динамики осуществляется прогноз изменения состояния оборудования на краткосрочном и среднесрочном горизонтах.

Заключительным этапом алгоритма является блок формирования выходных данных, в котором на основе прогнозируемого состояния оборудования формируются классификация элементов сети по степени необходимости технического обслуживания и рекомендации по приоритетности ремонтных работ. Результаты могут использоваться для автоматизированного формирования отчетов о состоянии сети наружного освещения, а также для поддержки принятия управленческих решений эксплуатационным персоналом.

Представленная блок-схема отражает логическую структуру алгоритма и демонстрирует возможность реализации элементов предиктивной аналитики без внедрения дополнительных датчиков и сложных вычислительных моделей,

что обеспечивает ее применимость в условиях существующей инфраструктуры управления наружным освещением.

Эффективность предлагаемой методики обусловлена ее ориентацией на практические условия эксплуатации сетей наружного освещения и использованием доступных данных без необходимости модернизации измерительной инфраструктуры. Комбинирование исторической информации и текущих параметров мониторинга позволяет снизить неопределенность оценки состояния оборудования и обеспечить переход от реактивного обслуживания к элементам предиктивного управления.

Предлагаемая методика обеспечивает переход от реактивного и регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому и прогнозируемому состоянию без необходимости внедрения дополнительных датчиков и сложных вычислительных моделей. Разделение анализа по уровням системы исключает методологические ошибки интерпретации данных и делает результаты оценки прозрачными и интерпретируемыми для эксплуатационного персонала. Универсальность подхода обеспечивает его применимость как в условиях мегаполисов, так и в небольших населенных пунктах с ограниченными бюджетами, создавая основу для поэтапного развития предиктивных методов управления системами наружного освещения.

Оценка эффективности предложенной методики предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения проводилась на основе анализа эксплуатационных сценариев, характерных для объектов городской инфраструктуры различного масштаба. В качестве базового варианта для сравнения рассматривалась традиционная реактивная модель технического обслуживания, при которой ремонтные мероприятия выполняются после фактического отказа оборудования либо по фиксированным регламентам без учета текущего состояния.

Применение предложенной методики позволяет перейти к многоуровневой оценке технического состояния элементов сети наружного освещения и формировать приоритеты обслуживания на основе прогнозируемого риска отказа. За счет использования агрегированного показателя состояния становится возможным ранжирование оборудования по степени необходимости вмешательства, что особенно важно при ограниченных ресурсах эксплуатационных

организаций.

В условиях мегаполиса, характеризующегося большим количеством объектов и высокой плотностью сети, использование методики позволяет выявлять группы оборудования с повышенным риском отказа еще до возникновения аварийных ситуаций. Анализ исторических данных эксплуатации дает возможность учитывать типовые сценарии деградации оборудования различных типов и производителей, а текущие данные мониторинга позволяют оперативно фиксировать отклонения от нормального режима работы. В результате формируется динамическая картина состояния сети, обеспечивающая более точное планирование ремонтных работ и снижение числа внеплановых отключений.

Для небольших населенных пунктов, где бюджеты на эксплуатацию и обслуживание существенно ограничены, предложенная методика приобретает особую значимость. Возможность отказа от жестких графиков планового обслуживания и переход к обслуживанию по фактическому состоянию позволяет сократить количество необоснованных выездов ремонтных бригад и снизить затраты на обслуживание оборудования, находящегося в стабильном техническом состоянии. При этом приоритетное внимание уделяется элементам сети с прогнозируемым высоким риском отказа, что снижает вероятность длительных перерывов в работе освещения.

Анализ эксплуатационных сценариев показывает, что применение методики позволяет снизить долю аварийных ремонтов за счет увеличения доли профилактических мероприятий. Это, в свою очередь, приводит к снижению затрат на срочные ремонтные работы, которые, как правило, требуют привлечения дополнительных ресурсов и выполняются в неблагоприятных условиях. Кроме того, сокращение числа внезапных отказов положительно сказывается на уровне безопасности дорожного движения и общественного порядка в темное время суток.

Дополнительным эффектом является повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Раннее выявление нестабильных режимов работы оборудования и деградации электротехнических характеристик позволяет своевременно устранять причины повышенного энергопотребления, связанные с нештатной работой светильников или элементов сети. В условиях роста тарифов на электро-

энергию данный эффект имеет существенное значение для муниципальных бюджетов.

Сравнительный анализ с реактивной моделью обслуживания показывает, что предложенная методика обеспечивает более равномерное распределение эксплуатационных затрат во времени. Вместо резких пиков расходов, связанных с массовыми отказами оборудования, формируется предсказуемая структура затрат, что упрощает бюджетное планирование и повышает управляемость процессов эксплуатации.

Важно отметить, что эффективность методики не зависит от степени автоматизации конкретной системы управления освещением и может быть достигнута без существенных капитальных вложений. Использование уже доступных данных мониторинга делает возможным внедрение предиктивных элементов даже в системах с минимальным функционалом, что расширяет область практического применения предложенного подхода.

Таким образом, результаты анализа подтверждают, что предложенная методика предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения обеспечивает повышение надежности и экономической эффективности эксплуатации, снижает количество аварийных ситуаций и создает условия для поэтапного перехода к более интеллектуальным методам управления городской инфраструктурой.

В рамках проведенного исследования была рассмотрена задача повышения эффективности эксплуатации и обслуживания сетей наружного освещения на основе внедрения элементов предиктивной аналитики. Анализ существующей практики показал, что в большинстве случаев управление эксплуатацией таких систем по-прежнему основывается на реактивных или регламентных подходах, не учитывающих фактическое техническое состояние оборудования и особенности его деградации в процессе эксплуатации. Это приводит к росту аварийных ситуаций, нерациональному использованию ресурсов и увеличению эксплуатационных затрат.

В работе предложена методика предиктивной оценки состояния оборудования систем наружного освещения, ориентированная на использование данных, уже доступных в существующих системах управления освещением. В отличие от многих зарубежных подходов, основанных на применении сложных алгоритмов машинного обучения и специализированных

датчиков, предложенная методика учитывает реальные условия эксплуатации инфраструктуры в Российской Федерации, характеризующейся высокой разнородностью оборудования, неполной автоматизацией и ограниченными бюджетными возможностями, особенно в небольших населенных пунктах.

Ключевой особенностью методики является комбинированный анализ исторических данных эксплуатации и текущих параметров состояния оборудования.

Такой подход позволяет учитывать как накопленные закономерности отказов и деградации различных типов светильников и элементов сети, так и фактическое состояние оборудования в реальном времени. Формирование агрегированного показателя технического состояния обеспечивает возможность классификации объектов по степени необходимости технического обслуживания и прогнозирования изменения их состояния во времени.

Результаты анализа показали, что применение предложенной методики способствует снижению доли аварийных ремонтов, более равномерному распределению эксплуатационных затрат и повышению надежности работы

сетей наружного освещения. Отказ от жестких регламентов обслуживания в пользу обслуживания по фактическому и прогнозируемому состоянию позволяет повысить эффективность использования финансовых и трудовых ресурсов, а также улучшить качество освещения и уровень безопасности городской среды.

Важно отметить, что предложенная методика обладает высокой интерпретируемостью и не требует существенных капитальных вложений, что делает ее применимой как в условиях мегаполисов, так и в малых населенных пунктах. При этом она может рассматриваться как промежуточный этап развития систем управления освещением, создающий методологическую и информационную основу для последующего внедрения более сложных интеллектуальных алгоритмов по мере развития измерительной инфраструктуры и накопления данных.

Таким образом, результаты исследования подтверждают целесообразность и практическую значимость применения предиктивных подходов к эксплуатации сетей наружного освещения и могут быть использованы при разработке и модернизации систем управления городской светотехнической инфраструктурой.

Литература

1. Васильев, В.И. Обнаружение аномалий в системах промышленных сенсорных сетей / В.И. Васильев, В.Е. Гвоздев, Р.Р. Шамсутдинов // Доклады ТУСУР. – 2021. – Т. 24. – № 4. – С. 40–45.
2. Жданова, И.М. Обнаружение аномалий трафика в телеметрических системах / И.М. Жданова, С.С. Дворников, С.В. Дворников // Труды учебных заведений связи. – 2024. – Т. 10. – № 5. – С. 14–23.
3. Кузьменко, В.П. Предиктивное обслуживание светодиодных систем освещения в городской инфраструктуре / В.П. Кузьменко // Светотехника. – 2022. – № 5. – С. 34–41.
4. Никитин, М.С. Интеллектуальные системы городского освещения на основе IoT-платформ / М.С. Никитин, А.Ю. Тычков // Информационные технологии. – 2023. – № 9. – С. 52–60.
5. Achouch, M. Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview and Challenges / M. Achouch, M. Dimitrova, K. Ziane // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – P. 8081.
6. Al-Haj, A. IoT-based Smart Street Lighting Systems: Review / A. Al-Haj, A. Al-Dubai, Y. Nasser // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 140825–140841.
7. Alsafery, W. Sensing within Smart Buildings: A Survey / W. Alsafery, O. Rana, C. Perera // ACM Computing Surveys. – 2023. – Vol. 55. – Art. 297.
8. Chen, Z. Interpretable Machine Learning for Building Energy Management / Z. Chen, F. Xiao, F. Guo, J. Yan // Advances in Applied Energy. – 2023. – Vol. 9. – P. 100123.
9. Cho, Y. IoT-based Intelligent Street Lighting System / Y. Cho, J.H. Kim // Sustainable Cities and Society. – 2018. – Vol. 38. – P. 472–481.
10. Guo, Y. Machine Learning Based Fault Detection in Engineering Systems / Y. Guo, Y. Liu, Z. Wang // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2024. – Vol. 205. – P. 114853.
11. Hauashdh, A. Sustainable Building Maintenance Using Emerging Technologies / A. Hauashdh, S. Nagapan, J. Jailani // Results in Engineering. – 2024. – Vol. 21. – P. 101822.
12. Himeur, Y. AI and Big Data Analytics for Building Automation Systems / Y. Himeur, N. Meskin,

Y. Rezgui // *Artificial Intelligence Review*. – 2023. – Vol. 56. – P. 4929–5021.

13. Hosamo, H.H. Digital Twin Based Predictive Maintenance Framework for Building Systems / H.H. Hosamo, P.R. Svennevig, K. Svidt, H.K. Nielsen // *Energy and Buildings*. – 2022. – Vol. 261. – P. 111988.

14. Hosamo, H.H. Digital Twin Framework for Automated Fault Prediction / H.H. Hosamo, H.K. Nielsen, D. Kraniotis, K. Svidt // *Energy and Buildings*. – 2023. – Vol. 281. – P. 112732.

15. Mazzetto, S. Urban Digital Twins: Integration and Challenges / S. Mazzetto // *Sustainability*. – 2024. – Vol. 16. – 8337.

16. Rahman, M.A. Smart Street Lighting Systems: Techniques and Challenges / M.A. Rahman, F. Zafar // *Proc. Int. Conf. Sustainable Technologies for Industry 4.0, 2020*.

17. Rosati, R. IoT and Machine Learning Based Predictive Maintenance Systems / R. Rosati, L. Romeo, E. Frontoni // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2023. – Vol. 34. – P. 107–121.

References

1. Vasilev, V.I. Obnaruzhenie anomalij v sistemakh promyshlennykh sensorykh setej / V.I. Vasilev, V.E. Gvozdev, R.R. SHamsutdinov // *Doklady TUSUR*. – 2021. – Т. 24. – № 4. – S. 40–45.

2. ZHDanova, I.M. Obnaruzhenie anomalij trafika v telemetricheskikh sistemakh / I.M. ZHDanova, S.S. Dvornikov, S.V. Dvornikov // *Trudy uchebnykh zavedenij svyazi*. – 2024. – Т. 10. – № 5. – S. 14–23.

3. Kuzmenko, V.P. Prediktivnoe obsluzhivanie svetodiodnykh sistem osveshcheniya v gorodskoj infrastrukture / V.P. Kuzmenko // *Svetotekhnika*. – 2022. – № 5. – S. 34–41.

4. Nikitin, M.S. Intellektualnye sistemy gorodskogo osveshcheniya na osnove IoT-platform / M.S. Nikitin, A.YU. Tychkov // *Informatsionnye tekhnologii*. – 2023. – № 9. – S. 52–60.

© В.С. Черников, М.В. Лифиренко, 2026

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ

Э.Р. ЖДАНОВ, О.С. ГРИДНЕВА, Т.Л. МИРОНОВА, О.Г. ГРОХОТОВА

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
г. Москва*

Ключевые слова и фразы: автоматизированные системы управления производством; цифровая трансформация; информационные технологии; конкурентоспособность; интеграция; стандартизация; эффективность производства; промышленные предприятия; стратегия развития; информационное пространство; инновационные технологии; «Индустрия 4.0».

Аннотация: Статья посвящена исследованию автоматизированных систем управления производством (АСУП) как инструмента повышения конкурентоспособности промышленных предприятий в условиях стремительно развивающихся информационных технологий. Рассматриваются структура и функционирование АСУП, анализируются факторы, определяющие успех их внедрения, и определяются пути преодоления возникающих трудностей. Приводятся примеры отечественного и зарубежного опыта внедрения АСУП, демонстрируется их положительное влияние на эффективность и качество производственных процессов.

Основное внимание уделено проблемам интеграции, стандартизации и совместимости технических и программных компонентов, подчеркивая важность правильной подготовки и сопровождения проекта. Исследование актуально ввиду нарастающей конкуренции и возрастающих требований к информационным технологиям в индустрии.

В современном мире компьютерные системы автоматизации производства (АСУП) приобретают особое значение, выступая инструментом повышения конкурентоспособности промышленных предприятий в условиях динамично развивающейся экономики и ускоряющегося научно-технического прогресса. Интенсивное использование современных информационно-коммуникационных технологий в области промышленного производства существенно повысило эффективность функционирования технологических процессов, снизив издержки и улучшив качество выпускаемых изделий. Информатизация охватывает весь цикл существования продукта, включая этапы разработки, изготовления, реализации и последующего обслуживания.

Возникновение и широкое распространение концепции «Индустрия 4.0» диктуют необходимость повышения требований к качеству и скорости обработки информации, создавая условия для формирования принципиально новых методов организации производственного

процесса, базирующихся на активном применении интеллектуальных алгоритмов, массивов больших данных и облачной инфраструктуры. Формирование действенных управленческих подходов требует глубокого осознания специфики конкретных отраслей промышленности, тщательной диагностики и критической оценки потенциальных эффектов внедрения инновационных решений [3].

Таким образом, актуальной задачей научных изысканий является углубленное исследование методологических оснований построения и эксплуатации автоматических систем организационно-технического управления промышленностью, выявление ключевых детерминантов успешного введения указанных инноваций и определение оптимальных стратегий устранения сопутствующих проблем.

Компьютеризированные комплексы автоматизации производства выступают ключевым инструментом укрепления конкурентных позиций индустриальных субъектов хозяйствования в эпоху интенсивной интеграции мирового хозяй-

ства и экспоненциального увеличения технологического потенциала. Применение указанных комплексов позволяет радикально увеличить производительность трудовых ресурсов, сократить производственные затраты и снизить воздействие субъективных ошибок персонала на итоговые характеристики готовой продукции [1].

Эволюция информационно-телекоммуникационной отрасли обуславливает переход к новым парадигмам структурирования производственных систем, характеризующимся интеграцией прогрессивных методик информационной аналитики и интеллектуальной поддержки управляющих решений. Автоматика превращается в ключевой драйвер достижения лидерства предприятиями, ориентированными на получение высоких результатов в международной конкуренции. Цифровая среда способствует увеличению динамичности рабочих циклов, повышает способность оперативного реагирования на конъюнктурные колебания рынка и адаптации к изменениям окружающей бизнес-среды. Интеллектуальные системы управления способствуют росту производительности труда, улучшают качественные показатели продукции и сокращают сроки ее выпуска. Важнейшие проблемы заключаются в обеспечении межуровневой согласованности разнофункциональных модулей корпоративной структуры, достижении технической и программной совместимости элементов, а также создании адекватных условий продуктивного сотрудничества всех звеньев производственной цепочки.

Автоматизированная система управления производством представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для оптимизации и координации основных функций производственного цикла, включая планирование, контроль, управление ресурсами и принятие стратегических решений. Целью функционирования АСУП является повышение эффективности деятельности предприятия посредством минимизации потерь сырья и материалов, сокращения временных затрат, улучшения качества готовой продукции и увеличения общей рентабельности производства [2].

Классифицируются подобные системы по уровню иерархии управления, функциональному назначению и сфере применения. По уровням выделяют верхний уровень (*ERP*-системы), средний уровень (*SCADA*-системы) и нижний

уровень (уровень датчиков и исполнительных устройств). Основными задачами внедрения АСУП являются оптимизация логистических операций, автоматизация документооборота, стандартизация рабочих процедур, поддержка информационной прозрачности и развитие интегрированных бизнес-процессов. Важнейшим элементом успешной реализации проектов по созданию АСУП выступает соблюдение принципов открытости архитектуры, модульности построения и возможности масштабирования системы в зависимости от потребностей конкретного предприятия. Эффективность использования АСУП определяется степенью соответствия поставленных целей возможностям внедряемых инструментов и уровнем квалификации персонала, обеспечивающего эксплуатацию системы.

Исторически развитие автоматизированных систем управления производством прошло несколько этапов становления и совершенствования. Начальным этапом принято считать период механизации отдельных производственных процессов и появления первых специализированных вычислительных комплексов, направленных на решение узких задач планирования и учета материальных потоков. Затем наступил этап комплексной автоматизации производственных подразделений, характеризуемый интеграцией локальных информационных систем и созданием единого информационного пространства предприятия. Следующим важным шагом стало появление *ERP*-систем, позволяющих эффективно управлять всеми видами ресурсов предприятия и объединять подразделения различного профиля в единую организационную структуру.

Современный этап характеризуется активным использованием инновационных подходов к концепции «Индустрия 4.0», подразумевающих широкое применение робототехники, Интернета вещей, облачных вычислений и других цифровых технологий. Среди перспективных направлений выделяются концепции киберфизических систем, распределенных сетей производства и гибридных моделей управления предприятием.

Ведущими тенденциями становятся адаптация систем к требованиям персонализации продукции, использование мобильных приложений и социальных медиа для оперативного мониторинга состояния производства, внедрение элементов виртуальной реальности и дополненной

реальности в процессы проектирования и эксплуатации. Ключевыми факторами успешного перехода к современным технологиям автоматизации выступают инвестиции в научные исследования и разработку новых технологий, подготовка квалифицированного кадрового состава и формирование благоприятной институциональной среды для инновационного предпринимательства.

Автоматизированные системы управления производством состоят из ряда важных технических и программных компонентов, обеспечивающих эффективную организацию производственного процесса.

К техническим элементам относятся:

- серверы, выполняющие вычислительные операции и хранение баз данных;
- рабочие станции сотрудников, оборудованные специализированными устройствами ввода-вывода;
- централизованно управляемые хранилища данных, необходимые для надежного доступа к требуемым сведениям [4].

Программные средства охватывают широкий спектр инструментов, включающих операционные системы, осуществляющие управление ресурсами сервера и рабочей станции, специализированные приложения для расчета потребностей в сырье и материалах, планирования производства, учета материальных запасов и контроля качества продукции. Обеспечение тесной взаимосвязи аппаратных и программных компонент осуществляется посредством унификации интерфейсов передачи данных и стандартных протоколов коммуникации, создания единого корпоративного сегмента сети, объединяющего всю технику предприятия, а также регулярной модернизации и синхронизации всех элементов системы.

Цифровые инструменты формируют фундамент для комплексных решений в сфере управления современной индустрией, продвигая

концепцию «Индустрия 4.0» и содействуя формированию высокоразвитых «умных фабрик». Примером успешной практики российского бизнеса выступает инициатива корпорации «Ростех», реализовавшей автоматизированную систему управления производством, которая позволила наладить эффективный мониторинг основных показателей, рационально распределять ресурсы и повысить общий уровень управляемости холдинговыми структурами. Аналогичным примером служит деятельность компании «Газпром нефть», эффективно использующей информационные технологии для совершенствования управления нефтедобычей и переработкой нефти, что позволило ей добиться значительного сокращения затрат и повышения уровня извлечения полезных ископаемых.

Современные автоматизированные системы управления производством обеспечивают повышение эффективности и снижение расходов за счет оптимальной организации процессов и уменьшения доли рутинных операций. Их внедрение связано с инвестиционными вложениями, необходимостью адаптации бизнес-процессов и повышением квалификации персонала. Ключевые направления дальнейшего развития таких систем включают повсеместное распространение интернета вещей (*IoT*), разработку искусственного интеллекта и машинного обучения, использование квантовых вычислений и биометрических технологий.

Для устойчивого развития и полного раскрытия потенциала данных систем необходимо дальнейшее исследование и разработка эффективных методик интеграции, стандартов и алгоритмов управления большими объемами данных, а также повышение устойчивости к внешним угрозам и уязвимостям. Тем не менее преимущества, предоставляемые современными АСУП, делают их неотъемлемой частью стратегии развития любого крупного промышленного предприятия.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания №FSFZ-2025-0030.

Литература

1. Вerezубова, Н.А. Применение информационных технологий в цифровой экономике / Н.А. Вerezубова // Социально-гуманитарные исследования в современных реалиях : материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, Москва, 15–16 декабря 2023 г. – М. : Московский институт экономики, политики и права, 2024. – С. 30–32.
2. Фатеева, С.В. Особенности современных методов управления персоналом в сфере торговли / С.В. Фатеева, Е.Н. Кузнецова // Теоретические знания – в практические дела : сборник статей

XXIV Международной научно-практической конференции, Омск, 24–25 апреля 2025 г. – Омск : Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), 2025. – С. 234–239.

3. Цифровой двойник как инструмент организации производства и управления качеством продукции / Л.М. Червяков, Н.А. Бычкова, А.В. Олейник [и др.] // Русский инженер. – 2025. – № 4(89). – С. 21–26. – EDN SMBDAH.

4. Яфизова, Р.А. Цифровые технологии как инструмент повышения эффективности управления персоналом в образовательных учреждениях / Р.А. Яфизова, О.С. Харина, О.С. Мутраков, Ш.Г. Ганиев // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – № 11-2(164). – С. 261–266.

References

1. Verezubova, N.A. Primenenie informatsionnykh tekhnologij v tsifrovoj ekonomike / N.A. Verezubova // Sotsialno-gumanitarnye issledovaniya v sovremennykh realiyakh : materialy Vserossijskoj (Natsionalnoj) nauchno-prakticheskoj konferentsii, Moskva, 15–16 dekabrya 2023 g. – M. : Moskovskij institut ekonomiki, politiki i prava, 2024. – S. 30–32.

2. Fateeva, S.V. Osobennosti sovremennykh metodov upravleniya personalom v sfere torgovli / S.V. Fateeva, E.N. Kuznetsova // Teoreticheskie znaniya – v prakticheskie dela : sbornik statej XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii, Omsk, 24–25 aprelya 2025 g. – Omsk : Moskovskij gosudarstvennij universitet tekhnologij i upravleniya im. K.G. Razumovskogo (Pervij kazachij universitet), 2025. – S. 234–239.

3. TSifrovoj dvojn timer kak instrument organizatsii proizvodstva i upravleniya kachestvom produktsii / L.M. CHervyakov, N.A. Bychkova, A.V. Olejnik [i dr.] // Russkij inzhener. – 2025. – № 4(89). – S. 21–26. – EDN SMBDAH.

4. YAfizova, R.A. TSifrovye tekhnologii kak instrument povysheniya effektivnosti upravleniya personalom v obrazovatelnykh uchrezhdeniyakh / R.A. YAfizova, O.S. KHarina, O.S. Mutrakov, SH.G. Ganiev // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – № 11-2(164). – S. 261–266.

© Э.Р. Жданов, О.С. Гриднева, Т.Л. Миронова, О.Г. Грохотова, 2026

ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИИ ВОЗНАГРАЖДЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РОБАСТНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ 2D-ЛИДАРА

Д.Ю. КРИВОНОГОВ¹, И.А. ЧИСТЯКОВ¹, С.А. ВОРОТНИКОВ²

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,

² ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: обучение с подкреплением (*Reinforcement Learning, RL*); локальная навигация; симуляция; функция вознаграждения; *Proximal Policy Optimization (PPO)*; 2D-лидар.

Аннотация: В статье рассматривается задача автономного перемещения мобильных роботов в условиях промышленных складов без использования предварительно построенных карт. Решением выбран подход на основе обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning, RL*), однако стандартные методы формирования функции вознаграждения часто приводят к медленной сходимости и большому числу столкновений. Цель работы – разработка метода модификации функции вознаграждения для алгоритма *Proximal Policy Optimization (PPO)*, направленного на повышение робастности управления при частичной наблюдаемости среды.

Задачи исследования включали анализ недостатков стандартных разреженных функций вознаграждения, разработку составной функции с непрерывными компонентами и сравнительную оценку эффективности в симуляции. Гипотеза исследования заключалась в том, что введение непрерывного сигнала прогресса и превентивного штрафа за сближение с препятствиями позволит ускорить сходимость обучения и снизить частоту столкновений по сравнению с базовым подходом. Методы: предложен подход к формированию функции вознаграждения, включающий награду за уменьшение расстояния до цели, динамический штраф на основе данных 2D-лидара и штраф за резкость управления. Эксперименты проводились в симуляционной среде *NVIDIA Isaac Sim* на платформе *ANYmal C*.

Результаты: показано, что предложенная модификация снижает долю столкновений с 20 % до 7 % и обеспечивает устойчивую сходимость без деградации на поздних этапах обучения, характерной для базового подхода.

Введение

Безопасная навигация мобильных роботов в неструктурированных средах без предварительных карт остается ключевой задачей логистики [1; 2]. Традиционные методы (*DWA, MPC*) в условиях частичной наблюдаемости и шумов склонны к локальным минимумам [3]. Методы обучения с подкреплением (*RL*), в частности *PPO* [4], лишены этих недостатков, однако их эффективность ограничена стандартными разреженными функциями вознаграждения.

Отсутствие обратной связи на промежуточных шагах приводит к медленной сходимости и нестабильности политики, что препятствует промышленному внедрению.

Существующие исследования компенсируют недостатки обучения усложнением архитектур сетей, повышая вычислительные затраты. Для систем на 2D-лидарах настройка функции вознаграждения позволяет компенсировать частичную наблюдаемость без роста вычислительной сложности. Целью настоящей работы является разработка метода модификации функ-

ции вознаграждения для PPO, повышающего робастность навигации на основе 2D-лидара. Предложена функция с непрерывной наградой за движение к цели и штрафом за сближение с препятствиями. Эксперименты проведены в *NVIDIA Isaac Sim* [5] на платформе *ANYmal C* [6]. Практическая значимость работы состоит в разработке метода, позволяющего повысить безопасность и скорость обучения систем навигации промышленных роботов без необходимости модернизации вычислительных блоков.

Формализация задачи навигации на основе данных 2D-лидара

Задача локальной навигации мобильного робота в неизвестной среде формально описывается в рамках модели частично наблюдаемого марковского процесса принятия решений (*Partially Observable Markov Decision Process, POMDP*) [7]. В отличие от стандартного марковского процесса принятия решений (*Markov Decision Process, MDP*), агент не имеет доступа к полному состоянию среды s_t , а оперирует лишь наблюдением o_t , получаемым от бортовых сенсоров.

Процесс обучения с подкреплением определяется кортежем:

$$\langle S, A, O, T, R, \gamma \rangle,$$

где S – множество состояний среды; A – множество действий; O – множество наблюдений; T – функция перехода состояний; R – функция вознаграждения; $\gamma \in [0; 1)$ – коэффициент дисконтирования будущей награды.

Особенность сенсорной модели

Ключевым ограничением рассматриваемой системы является использование исключительно данных 2D-лидара для принятия решений [8]. Наблюдение агента o_t в момент времени t формируется как конкатенация нормализованных расстояний до препятствий и целевого вектора:

$$o_t = \left[\frac{d_1}{d_{\max}}, \dots, \frac{d_N}{d_{\max}}, \Delta x_{\text{goal}}, \Delta y_{\text{goal}}, \Phi_{\text{goal}} \right],$$

где d_i – расстояние, измеренное i -м лучом лидара ($N = 36$ лучей), $d_{\max} = 10$ метров – эмпирически выбранная дистанция интереса (при больших значениях нормализованные показате-

ли лучей принимают малые значения, замедляющие обучение), а $(\Delta x_{\text{goal}}, \Delta y_{\text{goal}}, \Phi_{\text{goal}})$ – относительные координаты и угол до целевой точки в локальной системе координат робота.

Архитектура принятия решений

Политика управления реализуется в виде нейронной сети, которая отображает вектор наблюдений o_t в управляющие воздействия $a_t = (v, \omega)$ (линейная и угловая скорости). Линейная скорость v рассматривается вдоль продольной оси робота (ось X), боковое перемещение исключено.

Целью обучения является максимизация математического ожидания дисконтированной награды:

$$J(\theta) = \mathbb{E}_{\tau \sim \pi_{\theta}} \left[\sum_{t=0}^T \gamma^t \cdot R(o_t, a_t) \right],$$

где $J(\theta)$ – целевая функция, зависящая от параметров нейронной сети θ , \mathbb{E} – оператор математического ожидания по траекториям τ , сгенерированным политикой π_{θ} , $\gamma \in [0; 1)$ – коэффициент дисконтирования (в работе $\gamma = 0,99$), $R(o_t, a_t)$ – функция вознаграждения на шаге t , T – длина эпизода.

Модификация функции вознаграждения для повышения робастности стратегии управления

Стандартный подход предполагает использование разреженной функции вознаграждения (*sparse reward*) R_{base} , которая выдает сигнал подкрепления только по факту завершения эпизода.

В типовой конфигурации агент получает положительную награду за достижение цели ($R_{\text{goal}} > 0$), отрицательный штраф за столкновение ($R_{\text{collision}} < 0$) и нулевое вознаграждение на всех промежуточных шагах.

Для компенсации ограниченности сенсорной информации и ускорения сходимости предлагается модифицированная функция вознаграждения R_{total} , включающая компоненты непрерывного вознаграждения (*dense reward*):

$$R_{\text{total}} = R_{\text{base}} + \omega_1 \cdot R_{\text{progress}} + \omega_2 \cdot R_{\text{lidar}} + \omega_3 \cdot R_{\text{smooth}},$$

где каждый компонент решает конкретную задачу обучения, а весовые коэффициенты ω_i подобраны эмпирически в ходе экспериментов.

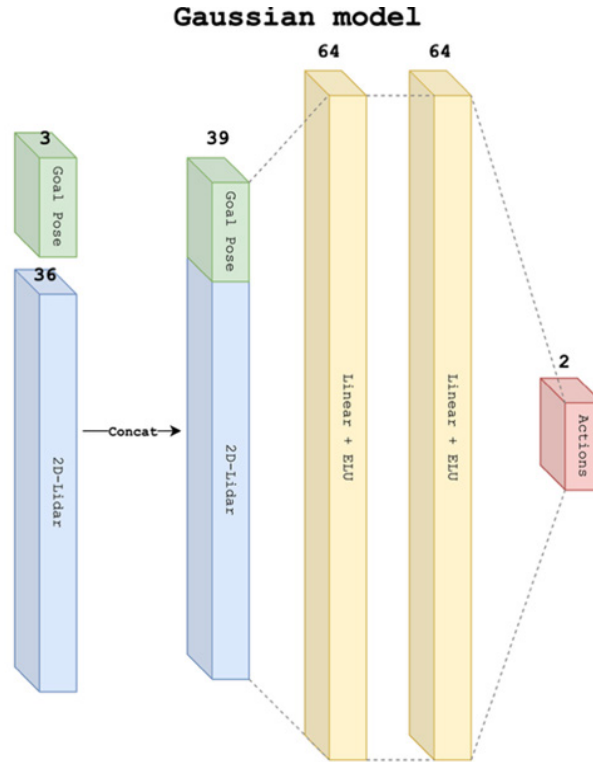


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

Компоненты функции вознаграждения

Награда за прогресс ($R_{progress}$). Вычисляется как взвешенная сумма сближения с целью и уменьшения угла отклонения:

$$R_{progress} = (D_{t-1} - D_t) + \lambda(|\varphi_{t-1}| - |\varphi_t|),$$

где $D_t = \sqrt{x_{goal}^2 + y_{goal}^2}$ – расстояние до цели, φ – угол до цели в локальной системе координат, $\lambda = 0,5$ – коэффициент баланса между компонентами.

Такое объединение создает непрерывный градиент, поощряющий не только движение в направлении цели, но и корректную ориентацию робота. Коэффициент $\omega_1 = 0,5$.

Штраф за близость к препятствиям (R_{lidar}). Формируется на основе минимального расстояния, зафиксированного лучами 2D-лидара:

$$R_{lidar} = - \min_{i=1..N} (d_i).$$

Коэффициент $\omega_2 = -0,1$.

Штраф за резкость управления (R_{smooth}). Необходим для сглаживания траектории и снижения износа приводов реального робота. Вы-

числяется как норма разности действий на соседних шагах:

$$R_{smooth} = -\|a_t - a_{t-1}\|.$$

Коэффициент $\omega_3 = -0,2$.

Базовая награда (R_{base}). Задаёт глобальную цель эпизода (успех или авария).

Обоснование модификации

Ключевым отличием предложенного метода является введение компонента R_{lidar} , который создаёт непрерывный градиент опасности ещё до момента физического контакта. В отличие от базового подхода, где робот узнаёт о столкновении постфактум (получает штраф $R_{collision}$), модифицированная функция начинает непрерывно штрафовать агента при сближении с препятствием. Это позволяет стратегии управления заранее избегать узких мест и тупиков, что критично в условиях частичной наблюдаемости. Компонент $R_{progress}$ также решает проблему разреженности сигнала: даже если робот не достиг цели, он получает положительную награду за каждое движение в правильном направлении.

Архитектура нейронной сети

Для реализации стратегии управления ис-

Reward / Instantaneous reward (mean)
tag: Reward / Instantaneous reward (mean)



Рис. 2. Влияние компонентов функции вознаграждения на обучение

пользовалась полносвязная нейронная сеть (*Multilayer Perceptron, MLP*), структура которой представлена на рис. 1. Входной слой принимает вектор размерности $N + 3$ (где $N = 36$ – число лучей лидара, 3 – координаты цели). Данные проходят через два скрытых слоя по 64 нейрона каждый с функцией активации *ELU* (*Exponential Linear Unit*) для устойчивости градиентов. Выходной слой формирует параметры гауссовского распределения управляющих воздействий (линейная и угловая скорости).

Конфигурация симуляционной среды и параметры обучения

Эксперименты проводились в симуляторе *NVIDIA Isaac Sim*. В качестве платформы использовался робот *ANYmal C*. Управление скоростями желаемыми (v, ω) делает подход инвариантным к кинематической схеме.

Сенсорная модель. На роботе моделировался 2D-датчик лазерного сканирования с характеристиками, близкими к промышленным сенсорам: количество лучей $N = 36$, угол обзора 360° , $d_{max} = 10$ метров (моделируемая максимальная дальность сканирования).

Среда и сценарий обучения. Тестовая среда размером 20×20 м заполнялась процедурно генерируемыми статическими препятствиями (параллелепипеды, цилиндры) с проходимыми коридорами не менее 1,5 м. Цель робота – достижение случайной точки на расстоянии 3–5 м от старта за 30 с. Эпизод считался успешным при попадании в окрестность цели ради-

усом 0,5 м, столкновение завершало эпизод досрочно.

Параметры обучения. Обучение проводилось с использованием алгоритма *PPO* со следующими гиперпараметрами: количество параллельных сред: 128; число шагов на одно обновление: 16; коэффициент темпа обучения: 10^{-4} ; общее число шагов взаимодействия со средой: 128 000.

Метрики оценки. Для сравнения базового и предложенного подходов использовались следующие метрики:

- доля успешных эпизодов – процент эпизодов, завершившихся достижением цели;
- доля столкновений – процент эпизодов, завершившихся столкновением;
- средняя мгновенная награда – усредненное значение награды на каждом шаге.

Результаты сравнительной оценки эффективности навигации

Для анализа вклада отдельных компонентов было протестировано четыре конфигурации функции вознаграждения: *Baseline* (разреженная награда), *Variant A* (с компонентом прогресса), *Variant B* (с добавлением штрафа за близость к препятствиям), *Proposed* (полная функция).

Сходимость обучения

Анализ динамики средней мгновенной награды в процессе обучения (рис. 2) показывает, что конфигурация с разреженной функцией вознаграждения (*Baseline*) демонстрирует

Таблица 1. Сравнение метрик безопасности и эффективности навигации

Конфигурация	Доля успешных эпизодов, %	Доля столкновений, %
<i>Baseline</i> (разреженная)	75	20
<i>Variant A</i>	83	15
<i>Variant B</i>	89	9
<i>Proposed</i> (полная)	91	7

деградацию производительности после 40 000 шагов обучения: средняя награда снижается с 0,06 до 0,01. Это свидетельствует о неустойчивости обучения: агент не получает достаточной обратной связи на ранних этапах. Добавление компонента прогресса (*Variant A*) стабилизирует обучение: средняя награда удерживается на уровне 0,035–0,045 на протяжении всего процесса. Внедрение штрафа за близость к препятствиям (*Variant B*) дополнительно повышает стабильность: средняя награда достигает уровня 0,05–0,055. Полная конфигурация функции вознаграждения (*Proposed*) демонстрирует наилучшие результаты: средняя награда стабильно удерживается на уровне 0,055–0,06 на протяжении всего обучения без признаков деградации.

Безопасность и эффективность навигации

Тестирование проводилось на 100 эпизодах в новых процедурно генерируемых конфигурациях среды. Результаты показали прямую зависимость качества навигации от сложности функции вознаграждения. Базовый подход (*Baseline*) обеспечил успех лишь в 75 % случаев при 20 % столкновений. Добавление компонента прогресса (*Variant A*) повысило успешность до 83 %, снизив процент столкновений до 15 %. Внедрение штрафа за близость к препятствиям (*Variant B*) дало существенный скачок безопасности: доля столкновений упала до 9 % при 89 % успешных эпизодов. Наилучший результат продемонстрировала полная конфигурация (*Proposed*): доля успеха достигла 91 %, аварийность снизилась до 7 %, а среднее время достижения цели сократилось на 23 % (с 18,5 с до 14,2 с) благодаря более плавным траекториям. Результаты тестирования на 100 эпизодах представлены в табл. 1.

Робастность к шуму сенсоров

Для оценки устойчивости предложенного метода к неидеальностям сенсорных данных был проведен дополнительный эксперимент с добавлением гауссовского шума к показаниям

2D-лидара ($\sigma = 0,05$ м). Результаты показали, что все конфигурации с плотными компонентами вознаграждения демонстрируют большую робастность по сравнению с базовым подходом. Конфигурация *Proposed* показала падение успешности лишь на 5 процентных пунктов (с 91 % до 86 %), в то время как *Baseline* потерял 12 процентных пунктов (с 75 % до 63 %). Это подтверждает, что плотный сигнал подкрепления делает политику менее чувствительной к локальным выбросам в данных.

Заключение и перспективы переноса на реальные платформы

В работе рассмотрена проблема повышения робастности локальной навигации мобильных роботов в условиях отсутствия предварительных карт. Предложен метод модификации функции вознаграждения для алгоритма PPO, включающий компоненты непрерывной награды за прогресс к цели и динамического штрафа за сближение с препятствиями на основе данных 2D-лидара.

Основные результаты.

- Внедрение штрафа за близость к препятствиям позволило уменьшить частоту аварийных ситуаций с 20 % до 7 % в тестовых сценариях со статическими препятствиями.
- Использование непрерывного сигнала прогресса гарантировало стабильность процесса обучения, исключив коллапс политики, наблюдаемый в базовой версии.
- Штраф за резкость управления обеспечил более предсказуемое поведение робота в узких пространствах, что критично для промышленной эксплуатации.
- Время вычисления управляющего воздействия составило 8,2 мс, что позволяет использовать решение на бортовых системах с ограниченными ресурсами.

Перспективы работы включают валидацию

метода на физической платформе с учетом задержек и шумов, внедрение доменной рандомизации для улучшения переносимости, а так-

же адаптацию функции вознаграждения для навигации в динамических средах с участием людей.

Литература

1. Лозинский, С.В. Год ускоренной роботизации / С.В. Лозинский, Д.А. Кудрин // Промышленность. Информационно-аналитические материалы ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. – 2025. – № 3.
2. Исследование рынка промышленной робототехники 2025 // Университет Иннополис [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf.
3. Kuanqi Cai. Mobile Robot Path Planning in Dynamic Environments: A Survey / Kuanqi Cai, Chaoqun Wang, Jiyu Cheng, Clarence W De Silva, Max Q.-H. Meng // Instrumentation. – 2019. – No. 6. – P. 90–100.
4. Schulman, J. Proximal Policy Optimization Algorithms / J. Schulman, F. Wolski, P. Dhariwal, A. Radford, O. Klimov // arXiv, 2017.
5. NVIDIA Isaac Lab: A GPU-Accelerated Simulation Framework for Multi-Modal Robot Learning // arXiv, 2025
6. Anymal technical specifications // AnyBotics [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.anybotics.com/anymal-technical-specifications.pdf>.
7. Kaelbling, L.P. Planning and Acting in Partially Observable Stochastic Domains / L.P. Kaelbling, M. Littman, A.R. Cassandra // Artificial Intelligence. – 1998. – No. 101. – P. 99–134.
8. Yan, K. Mapless Navigation Based on 2D LIDAR in Complex Unknown Environments / K. Yan, B.L. Ma // Sensors. – 2020. – Vol. 20(20). – P. 5802. – DOI: 10.3390/s20205802.

References

1. Lozinskij, S.V. God uskorennoj robotizatsii / S.V. Lozinskij, D.A. Kudrin // Promyshlennost. Informatsionno-analiticheskie materialy ISIEZ NIU VSHE. – 2025. – № 3.
2. Issledovanie rynka promyshlennoj robototekhniki 2025 // Universitet Innopolis [Electronic resource]. – Access mode : https://innopolis.university/filespublic/Industrial_Robotics_Market_Research_2025.pdf.

© Д.Ю. Кривоногов, И.А. Чистяков, С.А. Воротников, 2026

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЭЛЕКТРОБУСНОГО ПАРКА: ПРОТОКОЛЫ, ТОПОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЗАРЯДА

А.А. РУЖЕННИКОВ, Д.А. СКОРОБОГАТЧЕНКО, В.Д. ЖОХОВ

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград

Ключевые слова и фразы: зарядная инфраструктура; электробус; протокол *OCPP*; силовой преобразователь; *DC/DC* конвертер; состояние заряда; оптимизация расписания зарядки; литий-титанатный аккумулятор.

Аннотация: Цель исследования – обосновать проектирование программно-аппаратного комплекса управления зарядной инфраструктурой электробусного парка. Задачи: сформировать многоуровневую архитектуру, выбрать рациональные топологии *AC/DC* и *DC/DC* преобразователей и задать модель централизованного планирования зарядки. Гипотеза состоит в том, что сочетание *OCPP 2.0.1* и оптимизационных моделей распределения мощности позволяет повысить управляемость нагрузки без снижения готовности парка. Методы включают сравнительный анализ решений силовой электроники, формализацию ограничений и разработку прототипа обмена по *WebSocket*. Получены рекомендации по архитектуре, топологиям и алгоритму планирования с учетом лимита подстанции и состояния заряда.

Переход городского транспорта на электробусы требует не только выбора подвижного состава, но и проектирования управляемой зарядной инфраструктуры, где силовая электроника, связь и программные алгоритмы работают как единая система. В эксплуатации парк сталкивается с конфликтом требований: зарядка должна быть быстрой, чтобы не нарушать расписание, но суммарная мощность депо и конечных станций ограничена возможностями подстанции и договорными лимитами. Поэтому ключевой инженерной задачей становится построение программно-аппаратного комплекса, который обеспечивает предсказуемое распределение мощности, контроль состояния заряда аккумуляторов и устойчивую работу при росте числа зарядных постов.

Целью исследования является компактное обоснование архитектуры такого комплекса и принципов его реализации для типового электробусного парка. Задачи включают выбор

рациональных топологий преобразовательных каскадов зарядной станции, описание коммуникационной модели управления на основе стандарта *OCPP 2.0.1* и формализацию алгоритма централизованного планирования зарядки. Гипотеза состоит в том, что сочетание стандартизованного протокола управления зарядными станциями и оптимизационного распределения мощности позволяет одновременно снизить риск перегрузок сети и повысить воспроизводимость качества зарядных сессий (в том числе при смене производителя оборудования).

Методически работа опирается на трехслойную декомпозицию: физический слой (*AC/DC* и *DC/DC* силовые модули), коммуникационный слой (обмен командами и измерениями) и слой управления (*CSMS/CSMS*-логика планирования). Для каждого слоя задаются критерии проектирования: для силовой части – КПД, гармонические искажения тока и масштабируемость; для связи – интероперабельность

и безопасность; для управления – соблюдение ограничений по мощности и достижение требуемого *SOC* к моменту выхода на линию.

Зарядная станция для электробуса рассматривается как двухкаскадное устройство с входным активным выпрямителем *AC/DC* с коррекцией коэффициента мощности и выходным регулируемым преобразователем *DC/DC*. Для диапазона мощностей порядка 150–600 кВт рационально применять многоуровневые схемы выпрямителей и модульную компоновку, поскольку повышение КПД даже на доли процента существенно снижает тепловые потери и требования к охлаждению. Обзоры силовых топологий для быстрой зарядки показывают преимущество трехуровневых решений по качеству тока и эффективности при сохранении двунаправленности, а также практическую применимость карбидкремниевых ключей в высокомошных *PFC*-каскадах [4].

При выборе силовой части важно учитывать не только паспортный КПД, но и режимы частичной нагрузки, поскольку в депо часть постов может работать на пониженной мощности из-за сетевых ограничений или из-за стадий зарядной кривой. Практическим решением является модульный *AC/DC* фронтенд с параллельными силовыми блоками и общей шиной постоянного тока: система может отключать часть модулей при малой нагрузке, повышая эффективность и снижая реактивные потери. Дополнительно активный выпрямитель позволяет управлять коэффициентом мощности и компенсировать провалы напряжения в пределах допустимых норм, что повышает устойчивость зарядки в городских сетях. Для депо целесообразно заранее определить допустимые уровни гармоник и требования к фильтрации, чтобы нагрузка от зарядных станций не ухудшала качество электроэнергии для соседних потребителей.

DC/DC каскад должен обеспечивать широкий диапазон напряжения аккумулятора и управляемый ток заряда, поэтому предпочтительна изолированная топология с возможностью мягкого переключения в широком диапазоне нагрузок. Для быстрозарядных станций электробусов часто выбирают двухактивный мост (*DAB*) с высокочастотным трансформатором и фазовым управлением, а на уровне силовых модулей – параллельное включение одинаковых блоков с деградацией мощности при отказе одного модуля. Систематизации топо-

логий *DC/DC* для электробусных станций подтверждают, что для широкого диапазона напряжений и требований к гальванической развязке *DAB* является одним из наиболее технологичных вариантов по совокупности потерь и управляемости [5].

Алгоритмы управления *DC/DC* каскадом должны поддерживать типовой профиль *CC/CV* и ограничения по температуре силовых элементов и батареи. В верхней зоне *SOC* скорость приема заряда падает, поэтому централизованное планирование должно учитывать нелинейность зарядной характеристики: попытка «добить» батарею до высокого *SOC* за короткое время приводит к росту требуемой мощности и ухудшению распределения ресурсов между постами. С инженерной точки зрения практичнее устанавливать целевой диапазон *SOC* для депо и отдельный целевой диапазон для конечных станций, а верхние пороги задавать через правила эксплуатации и допуска по пробегу до следующего цикла зарядки. Такая параметризация позволяет уменьшить количество режимов, когда станции вынужденно работают на максимальном токе и ускоренно нагреваются.

Коммуникационный слой целесообразно строить на *OCPP 2.0.1*, который задает унифицированную модель взаимодействия зарядной станции и центральной системы управления через *WebSocket* и поддерживает профили «умной зарядки» для задания временных ограничений мощности. Спецификация *OCPP 2.0.1* фиксирует структуру сообщений, события транзакций, модель устройства и механизмы удаленного управления профилями зарядки [2], а также предусматривает требования к защите соединения и идентификации оборудования. Принятие протокола в виде международного стандарта *IEC 63584:2024* упрощает формирование требований к совместимости и безопасности в проектной документации [3].

В *OCPP 2.0.1* обмен строится как событийная модель, где зарядная станция сообщает о статусе и измерениях, а *CSMS* управляет профилем мощности и транзакциями. Для задач электробусного парка достаточно регулярного *Heartbeat*, уведомлений о состоянии коннектора, событий транзакции и телеметрии *MeterValues*, а ключевым управляющим воздействием является *SetChargingProfile*, задающий лимиты мощности по периодам времени [2]. Сокращение набора сообщений до минимально необходимого повышает надежность вне-

дрения: в случае нестабильного канала связи приоритет получают подтверждение профиля и передача энергии, а вспомогательные данные могут передаваться реже или пакетироваться. Практика интеграции также показывает необходимость нормализации идентификаторов постов и транспортных средств, чтобы исключить рассинхронизацию между диспетчерской системой и *CSMS* при переносе электробуса между маршрутами или депо.

Вопрос информационной безопасности следует рассматривать как часть проектирования, а не как опцию внедрения. Для *ОСРР* предусмотрены защищенные соединения и аутентификация станций, поэтому в промышленной схеме следует закладывать управление жизненным циклом сертификатов, списки отзыва и разделение полномочий между эксплуатацией депо и администрированием *CSMS* [2; 3]. Отдельного внимания требует защита от ошибочных или вредоносных профилей зарядки: целесообразно реализовать на стороне станции локальные «предохранители» по току и температуре, а на стороне *CSMS* – проверку профилей на соблюдение лимита подстанции и на недопущение резких скачков мощности. Такое разделение ответственности снижает риск каскадных последствий при сбоях связи или некорректных данных.

На уровне управления центральная система (*CSMS*) агрегирует измерения (энергия, ток, напряжение, *SOC*) и внешние данные (расписание выпуска/заезда, временные окна обслуживания, тарифные зоны), после чего формирует команды ограничения мощности для каждого поста. Практически это реализуется как периодическая отправка профилей зарядки на станцию и обработка обратных уведомлений о статусе и результатах транзакций. Такая схема позволяет масштабировать парк, не усложняя логику на стороне силового оборудования: контроллер станции выполняет локальные контуры регулирования, а распределение мощности и приоритетов остается централизованным.

Задача планирования зарядки формализуется дискретно по времени: для каждого электробуса известны момент прибытия, минимально допустимый *SOC* перед выходом на линию и доступное окно зарядки; для депо задан суммарный лимит мощности и технические ограничения каждого поста. Целевая функция может учитывать стоимость электроэнергии по времени суток и штраф за недозаряд к моменту

отправления, а ограничения – баланс энергии аккумулятора и ограничение суммарной мощности. Подходы к оптимальному ночному расписанию зарядки электробусного парка обычно сводятся к задачам *LP/MILP* с дискретизацией по интервалам и учетом сетевых лимитов, что подтверждается профильными исследованиями по управлению ночной зарядкой [1].

Математическая модель планирования может быть уточнена введением бинарных переменных назначения электробуса на пост и непрерывных переменных мощности по дискретным интервалам. При шаге дискретизации 5–15 минут задача остается вычислимо решаемой для депо средних размеров и позволяет явно учитывать окна доступности, максимальную мощность каждого поста и общий сетевой лимит. Для повышения точности в модель удобно включать ограничение на скорость изменения мощности между соседними интервалами, что предотвращает частые переключения модулей и снижает электромагнитные помехи. В литературе по ночному расписанию зарядки подчеркивается эффективность подходов, сочетающих *MILP* и скользящий горизонт, когда план пересчитывается по мере поступления новых данных [1].

На практике критерий оптимальности редко ограничивается только стоимостью электроэнергии: диспетчеризация требует учитывать «справедливость» распределения мощности и гарантии минимального уровня готовности. Поэтому полезно вводить приоритетные коэффициенты для рейсов с ранним выездом, штрафы за отклонение от целевого *SOC* и ограничения на одновременную зарядку групп машин, питающихся от одного ввода. Если парк использует несколько тарифных зон, *CSMS* может переносить часть зарядки на более дешевые интервалы, но при этом обязана сохранять резерв по мощности на случай внепланового заезда и технических работ. Таким образом, оптимизация становится многоцелевой, а итоговое решение фиксируется в виде набора параметров политики, понятных эксплуатационному персоналу.

Для практической реализации предлагается двухэтапная схема. На горизонте планирования (например, ночь) решается задача *MILP* с назначением электробусов на посты и построением профилей мощности, а в режиме реального времени выполняется корректировка профилей по фактическому *SOC* и событиям (опоздание прибытия, вывод из эксплуатации, ограниче-

ние по температуре батареи). Учет деградации аккумулятора может быть реализован через добавление к целевой функции дополнительного штрафа за высокую долю времени работы на максимальной мощности и за глубокий разряд, что позволяет приблизить управление к компромиссу «стоимость энергии – ресурс батареи» без усложнения протокольного уровня.

Отдельный эксплуатационный режим составляет быстрая подзарядка на конечных остановках, где время стоянки ограничено графиком и не может быть существенно увеличено без влияния на интервалы движения. В этом случае задача управления приобретает характер «жесткого» ограничения по времени: необходимо обеспечить передачу минимально требуемой энергии за заданный интервал, а при невозможности – инициировать управляющее решение на уровне парка (переназначение рейса, досрочный заезд в депо, перераспределение резерва). Практически это требует, чтобы CSMS поддерживала приоритетные профили зарядки для рейсов с ближайшим отправлением и могла

быстро снижать мощность менее приоритетных сессий, сохраняя общий лимит подстанции.

Для обеспечения воспроизводимости управления важна унификация данных, поступающих в алгоритм. Даже при наличии оценки SOC от бортовой системы электробуса на практике требуется сопоставление нескольких источников: показаний счетчика станции, расчетной энергии, полученной за транзакцию, и телеметрии тяговой батареи, чтобы выявлять дрейф измерений и аномалии. Использование модели устройства и переменных, доступных в OCPP 2.0.1, позволяет формализовать мониторинг компонентов станции (температуры силовых модулей, состояние контакторов, качество сети) и связывать технические предупреждения с конкретной зарядной сессией. Это создает основу для предиктивного обслуживания: накопленная статистика по отказам и перегревам помогает корректировать допустимые уровни мощности, планировать окна обслуживания и снижать вероятность внезапного вывода поста из работы в пиковые периоды.

Литература

1. Houbbadi, A. Optimal Scheduling to Manage an Electric Bus Fleet Overnight Charging / A. Houbbadi, R. Trigui, S. Pelissier, E. Redondo-Iglesias, T. Bouton // *Energies*. – 2019. – Vol. 12. – No. 14.
2. Open Charge Alliance. Open Charge Point Protocol 2.0.1 Specification, 2020.
3. Safayatullah, M. A Comprehensive Review of Power Converter Topologies and Control Methods for Electric Vehicle Fast Charging Applications / M. Safayatullah, M.T. Elrais, I. Myderrizi, R. Rezaei, S. Amastha, M. Khalid // *IEEE Access*. – 2022. – Vol. 10. – P. 40753–40793.
4. Al-Ogaili, A.S. Medium-Voltage DC-DC Converter Topologies for Electric Bus Fast Charging Stations: State-of-the-art Review / A.S. Al-Ogaili, A.Q. Al-Shetwi, T. Sudhakar Babu, et al. // *Energies*. – 2022. – Vol. 15. – No. 15. – Art. 5487.
5. Терентьев, Е.О. Применение нейросетевых алгоритмов в автоматизированных системах прогнозирования и предотвращения аварий на объектах нефтегазовой отрасли / Е.О. Терентьев // *Вопросы природопользования*. – 2025. – Т. 4. – № 2. – С. 107–119.

References

5. Terentev, E.O. Primenenie nejrosetevykh algoritmov v avtomatizirovannykh sistemakh prognozirovaniya i predotvrashcheniya avarij na obektakh neftegazovoj otrasli / E.O. Terentev // *Voprosy prirodopolzovaniya*. – 2025. – Т. 4. – № 2. – С. 107–119.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НДС ОРТОТРОПНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖИДКОЙ СРЕДЫ

О.В. АНДРЮЩЕНКО, И.М. АНОХИНА

ООО «Яндекс»,
г. Москва;
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: ортотропная цилиндрическая конструкция; композитные материалы; диффузия жидкости; концентрация жидкости; напряженно-деформированное состояние (НДС); уравнения равновесия в перемещениях; внутреннее и внешнее давление; радиальные перемещения; радиальные напряжения; разностный метод; метод установления; метод дробных шагов; схема расщепления; схема Кранка – Николсон.

Аннотация: Целью работы является построение математической модели расчета напряженно-деформированного состояния ортотропной цилиндрической конструкции при совместном действии давления и воздействия жидкой среды. Рассматривается постановка задачи в перемещениях с учетом диффузионного поля концентрации. Для получения стационарного решения используется метод установления с введением псевдовремени, а для численной реализации применяется метод дробных шагов. Построена неявная разностная схема расщепления, обеспечивающая устойчивость вычислений и второй порядок точности по пространственным переменным. Выполнены расчеты, демонстрирующие влияние распределения концентрации на радиальные перемещения и перераспределение напряжений по толщине трубы.

Для композитных цилиндрических конструкций, работающих в грунте и/или при контакте с агрессивной средой, существенны процессы, связанные с воздействием жидкой среды на материал цилиндрической конструкции. Для случаев, когда воздействие жидкой среды имеет характер фильтрации через пористую структуру, может наблюдаться четкий фронт распространения жид-

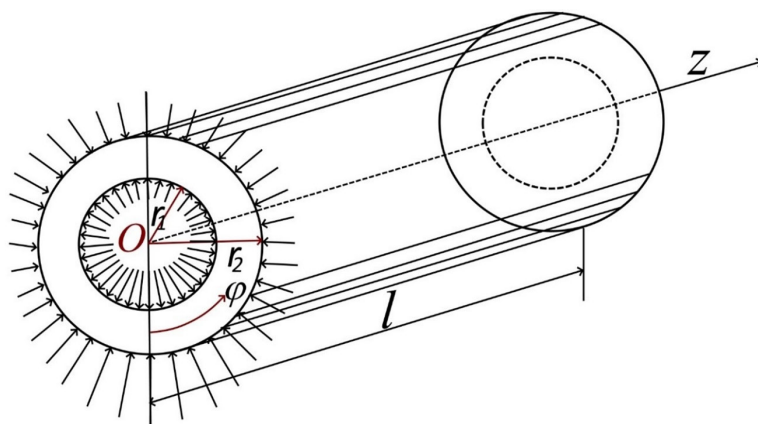


Рис. 1. Ортотропная цилиндрическая конструкция

кости; это позволяет упрощать описание распределения концентрации жидкости в материале [1]. Обозначим направления ортотропии как $1 \equiv r$, $2 \equiv \varphi$, $3 \equiv z$.

Рассматривается полый цилиндр длины l с радиусами r_1 (внутренний) и r_2 (внешний), на который по окружности φ действуют внутреннее давление $f(\varphi)$ и внешнее $\psi(\varphi)$ [2]. Материал оболочки считается ортотропным и упругим, при этом плоскость анизотропии совпадает с плоскостью радиального сечения цилиндра. Особый интерес представляет постановка задачи в перемещениях, где искомыми являются компоненты $\mathbf{u} = (u, v)$ в радиальном и окружном направлениях.

Обобщенный закон Гука для ортотропного материала с учетом воздействия жидкой среды (через концентрацию C):

$$\left\{ \begin{array}{l} e_r = \frac{1}{E_1} \sigma_r - \frac{\nu_{12}}{E_2} \sigma_\varphi - \frac{\nu_{13}}{E_3} \sigma_z + \beta_r C, \\ e_\varphi = -\frac{\nu_{12}}{E_2} \sigma_r + \frac{1}{E_2} \sigma_\varphi - \frac{\nu_{23}}{E_3} \sigma_z + \beta_\varphi C, \\ e_z = -\frac{\nu_{13}}{E_3} \sigma_r - \frac{\nu_{23}}{E_3} \sigma_\varphi + \frac{1}{E_3} \sigma_z + \beta_z C, \\ e_{\varphi z} = \frac{1}{G_{23}} \tau_{\varphi z}, \\ e_{rz} = \frac{1}{G_{13}} \tau_{rz}, \\ e_{r\varphi} = \frac{1}{G_{12}} \tau_{r\varphi}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Здесь $\beta_r, \beta_\varphi, \beta_z$ – коэффициенты набухания материала трубы в радиальном, окружном и осевом направлениях соответственно.

Решая систему (1) относительно напряжений, получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_r = E_{11} e_r + E_{12} e_\varphi + E_{13} e_z - k_r C, \\ \sigma_\varphi = E_{12} e_r + E_{22} e_\varphi + E_{23} e_z - k_\varphi C, \\ \sigma_z = E_{13} e_r + E_{23} e_\varphi + E_{33} e_z - k_z C, \\ \tau_{\varphi z} = G_{23} e_{\varphi z}, \\ \tau_{r\varphi} = G_{12} e_{r\varphi}, \\ \tau_{rz} = G_{13} e_{rz}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь введены обозначения:

$$\begin{aligned} k_r &= E_{11} \beta_r + E_{12} \beta_\varphi + E_{13} \beta_z, \\ k_\varphi &= E_{12} \beta_r + E_{22} \beta_\varphi + E_{23} \beta_z, \\ k_z &= E_{13} \beta_r + E_{23} \beta_\varphi + E_{33} \beta_z. \end{aligned}$$

Из равенства нулю осевого напряжения из (3) найдем деформацию e_z :

$$e_z = \frac{k_z C}{E_{33}} - \frac{E_{13}}{E_{33}} e_r - \frac{E_{23}}{E_{33}} e_\varphi. \quad (3)$$

Подставим выражение для деформации e_z (3) в (2):

$$\begin{cases} \sigma_r = \left(E_{11} - \frac{E_{13}^2}{E_{33}} \right) e_r + \left(E_{12} - \frac{E_{13}E_{23}}{E_{33}} \right) e_\varphi + \left(E_{13} \frac{k_z}{E_{33}} - k_r \right) C, \\ \sigma_\varphi = \left(E_{12} - \frac{E_{23}E_{13}}{E_{33}} \right) e_r + \left(E_{22} - \frac{E_{23}^2}{E_{33}} \right) e_\varphi + \left(E_{23} \frac{k_z}{E_{33}} - k_\varphi \right) C, \\ \tau_{r\varphi} = G_{12} e_{r\varphi}. \end{cases} \quad (4)$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} E_{11}^* &= E_{11} - \frac{E_{13}^2}{E_{33}}, & E_{12}^* &= E_{12} - \frac{E_{23}E_{13}}{E_{33}}, & E_{22}^* &= E_{22} - \frac{E_{23}^2}{E_{33}}, \\ k_r^* &= \frac{E_{13}}{E_{33}}, & k_z - k_r, & & k_\varphi^* &= \frac{E_{23}}{E_{33}}, & k_z - k_\varphi. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{cases} \sigma_r = E_{11}^* e_r + E_{12}^* e_\varphi + k_r^* C, \\ \sigma_\varphi = E_{12}^* e_r + E_{22}^* e_\varphi + k_\varphi^* C, \\ \tau_{r\varphi} = G_{12} e_{r\varphi}. \end{cases} \quad (5)$$

Выражая деформации через перемещения по формулам Коши и подставляя в уравнения (5), получим зависимость напряжений от перемещений:

$$\begin{cases} \sigma_r = E_{11}^* \frac{\partial u_r}{\partial r} + E_{12}^* \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} \right) + k_r^* C, \\ \sigma_\varphi = E_{12}^* \frac{\partial u_r}{\partial r} + E_{22}^* \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} \right) + k_\varphi^* C, \\ \tau_{r\varphi} = G_{12} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right). \end{cases} \quad (6)$$

Выражения (6), подставив в уравнения равновесия в напряжениях:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\sigma_r - \sigma_\varphi}{r} = 0, \\ \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{2\tau_{r\varphi}}{r} = 0, \end{cases}$$

получим уравнения равновесия в перемещениях для расчета напряженно-деформированного состояния трубы при учете диффузионного воздействия на нее жидкой среды:

$$\begin{cases} E_{11}^* \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{G_{12}}{r^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi^2} + \frac{E_{11}^*}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{E_{22}^*}{r^2} u_r + \frac{E_{12}^* + G_{12}}{r} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi \partial r} - \frac{E_{22}^* + G_{12}}{r^2} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + k_r^* \frac{\partial C}{\partial r} + \frac{k_r^* - k_\varphi^*}{r} C = 0, \\ G_{12} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2} + \frac{E_{22}^*}{r^2} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{G_{12}}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{G_{12}}{r^2} u_\varphi + \frac{E_{22}^* + G_{12}}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{E_{12}^* + G_{12}}{r} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi \partial r} + k_\varphi^* \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial \varphi} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Поле концентрации жидкости в материале трубы $C(r)$ рассматривается как результат установившейся диффузии (по радиусу), поэтому оно удовлетворяет уравнению Лапласа в цилиндрических координатах:

$$\frac{d^2 C}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dC}{dr} = 0. \quad (8)$$

Поэтому при зависимости $C(r)$ во втором уравнении системы $k_\varphi^* \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial \varphi} = 0$. задаем граничные условия первого рода $C(r_1) = C_1, C(r_n) = C_2$ и получаем логарифмическое распределение концентрации по толщине стенки трубы:

$$C(r) = C_1 + (C_2 - C_1) \frac{\ln\left(\frac{r}{r_1}\right)}{\ln\left(\frac{r_n}{r_1}\right)}. \quad (9)$$

Здесь r_1 и r_n – внутренний и наружный радиусы трубы; C_1, C_2 – концентрации на внутренней и внешней поверхностях соответственно.

Граничные условия запишем через компоненты напряжений на поверхностях $r = r_1$ и $r = r_n$.
На внутренней поверхности $r = r_1$:

$$\begin{cases} E_{11}^* \frac{\partial u_r}{\partial r} + E_{12}^* \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} \right) + k_r^* C_1 = -f(\varphi), \\ \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r}. \end{cases} \quad (10)$$

Первое уравнение задает радиальную нагрузку (через σ_r), второе соответствует нулевому касательному напряжению на поверхности $\tau_{r\varphi} = 0$.

На внешней поверхности $r = r_n$:

$$\begin{cases} E_{11}^* \frac{\partial u_r}{\partial r} + E_{12}^* \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} \right) + k_r^* C_2 = -\psi(\varphi), \\ \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r}. \end{cases} \quad (11)$$

Далее для системы уравнений равновесия строится разностная аппроксимация. Принимаются обозначения:

$$u_r \equiv u, \quad u_\varphi \equiv v,$$

$$r_k = r_1 + kh_1, k = 0, \dots, N_1; \quad \varphi_j = jh_2, j = 0, \dots, N_2; \quad t_n = n\tau;$$

$$h_1 = \frac{r_n - r_1}{N_1}, \quad h_2 = \frac{\pi}{N_2}.$$

Введем усреднение по «псевдовремени»:

$$\bar{u}_{kj} = \frac{u_{kj}^{n+1} + u_{kj}^n}{2}, \quad \bar{v}_{kj} = \frac{v_{kj}^{n+1} + v_{kj}^n}{2}.$$

И стандартные разностные операторы:

$$\begin{aligned} \delta_r w_{kj} &= \frac{w_{k+1,j} - w_{k-1,j}}{2h_1}, \quad \delta_{rr} w_{kj} = \frac{w_{k+1,j} - 2w_{kj} + w_{k-1,j}}{h_1^2}, \\ \delta_\varphi w_{kj} &= \frac{w_{k,j+1} - w_{k,j-1}}{2h_2}, \quad \delta_{\varphi\varphi} w_{kj} = \frac{w_{k,j+1} - 2w_{kj} + w_{k,j-1}}{h_2^2}, \\ \delta_{r\varphi}^{(+)} w_{kj} &= \frac{w_{k+1,j+1} - w_{k-1,j+1} + w_{k+1,j-1} - w_{k-1,j-1}}{4h_1h_2}. \end{aligned}$$

Здесь w_{kj} – перемещение точки сетки с параметрами kj .

Тогда разностная схема:

$$\begin{cases} \frac{u_{kj}^{n+1} - u_{kj}^n}{\tau} = E_{11}^* \left(\delta_{rr} \bar{u}_{kj} + \frac{1}{r_k} \delta_r \bar{u}_{kj} \right) + \frac{G_{12}}{r_k^2} \delta_{\varphi\varphi} \bar{u}_{kj} - \frac{E_{22}^*}{r_k^2} \bar{u}_{kj} + \frac{E_{12}^* + G_{12}}{r_k} \delta_{r\varphi}^{(+)} v_{kj}^n - \frac{E_{22}^* + G_{12}}{r_k^2} \delta_\varphi v_{kj}^n + S_k, \\ \frac{v_{kj}^{n+1} - v_{kj}^n}{\tau} = G_{12} \left(\delta_{rr} \bar{v}_{kj} + \frac{1}{r_k} \delta_r \bar{v}_{kj} \right) + \frac{E_{22}^*}{r_k^2} \delta_{\varphi\varphi} \bar{v}_{kj} - \frac{G_{12}}{r_k^2} \bar{v}_{kj} + \frac{E_{12}^* + G_{12}}{r_k} \delta_{r\varphi}^{(+)} u_{kj}^n - \frac{E_{22}^* + G_{12}}{r_k^2} \delta_\varphi \bar{u}_{kj}, \end{cases} \quad (12)$$

где $C_k = C(r_k)$, а «влагоупругий источник» $S_k = k_r^* \frac{C_2 - C_1}{\ln\left(\frac{r_n}{r_1}\right)} \frac{1}{r_k} + (k_r^* - k_\varphi^*) C_k$.

Граничные условия на внутренней и внешней поверхности трубы аппроксимируем конечными разностями первого порядка точности:

– на внутренней поверхности трубы ($r = r_1$):

$$\begin{cases} \frac{E_{11}^*}{h_1} (u_{1j} - u_{0j}) + \frac{E_{12}^*}{r_1} \left(\frac{v_{0j+1} - v_{0j}}{h_2} + u_{0j} \right) + k_r^* C_1 = -f_j, \\ \frac{u_{0j+1} - u_{0j}}{r_1 h_2} + \frac{v_{1j} - v_{0j}}{h_1} - \frac{v_{0j}}{r_1} = 0; \end{cases} \quad (13)$$

– на внешней поверхности трубы ($r = r_n$):

$$\begin{cases} \frac{E_{11}^*}{h_1} (u_{nj} - u_{n-1j}) + \frac{E_{12}^*}{r_n} \left(\frac{v_{nj+1} - v_{nj}}{h_2} + u_{nj} \right) + k_r^* C_2 = -\Psi_j, \\ \frac{u_{nj+1} - u_{nj}}{r_n h_2} + \frac{v_{nj} - v_{n-1j}}{h_1} - \frac{v_{nj}}{r_1} = 0. \end{cases} \quad (14)$$

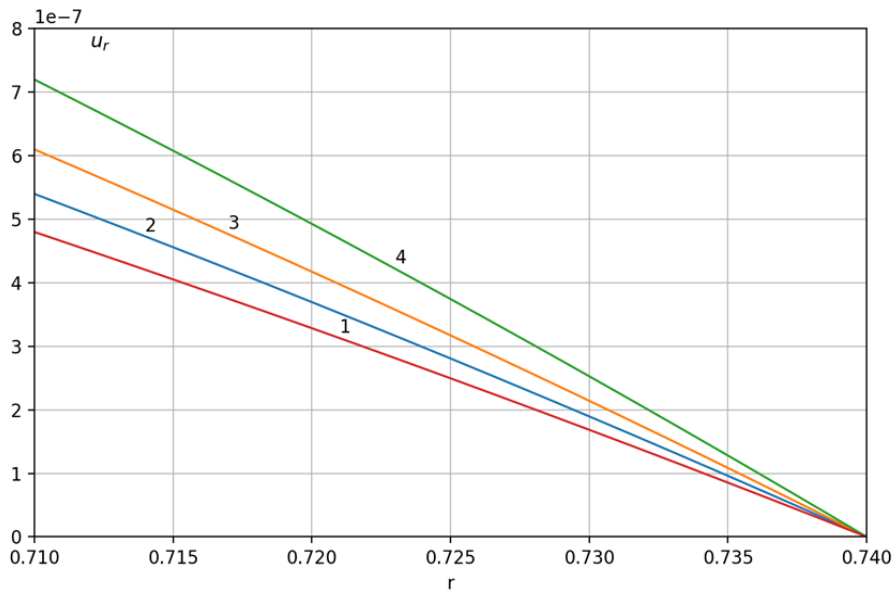


Рис. 2. Радиальные перемещения в сечении трубы при изменении концентрации на внутренней поверхности: 1) $C_1 = 0, C_2 = 0$; 2) $C_1 = 0,005, C_2 = 0$; 3) $C_1 = 0,01, C_2 = 0$; 4) $C_1 = 0,02, C_2 = 0$

Уравнения (12)–(14) представляют собой разностную задачу определения перемещений в сечении ортотропной трубы, находящейся под действием распределенных внутреннего и внешнего напряжений и жидкой среды. Распределение концентрации по толщине стенки трубы аппроксимируется естественным образом. Для численной реализации разностной задачи применен метод установления и метод дробных шагов [3]. В результате составлена абсолютно устойчивая, аппроксимирующая со вторым порядком точности по пространственным переменным схема расщепления (по аналогии со схемой Кранка – Николсон [4]):

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 \left(u^{n+\frac{1}{2}} + u^n \right) + A_3 v^n + A_4 v^n + S_k = \frac{u^{n+\frac{1}{2}} - u^n}{\tau}, \\ B_1 \left(v^{n+\frac{1}{2}} + v^n \right) + B_3 u^n + B_4 u^n = \frac{v^{n+\frac{1}{2}} - v^n}{\tau}, \\ A_2 \left(u^{n+1} + u^{n+\frac{1}{2}} \right) = \frac{u^{n+1} - u^{n+\frac{1}{2}}}{\tau}, \\ B_2 \left(v^{n+1} + v^{n+\frac{1}{2}} \right) = \frac{v^{n+1} - v^{n+\frac{1}{2}}}{\tau}. \end{array} \right. \quad (15)$$

где A_i, B_i – дифференциальные операторы [5].

Схема (15) реализуется обычными скалярными прогонками.

Пользуемся безразмерными величинами. Сетка задана постоянными $N_1 = 10; N_2 = 20; \tau = 0,0001$. При точности сходимости $\epsilon = 0,00000001$ и принятых размерах трубы $r_1 = 0,71, r_n = 0,74$, упругих постоянных материала трубы [5]: $E_1 = 1,9, E_2 = 1,2, E_3 = 0,45, \nu_{12} = 0,35, \nu_{13} = 0,16, \nu_{23} = 0,11, G_{12} = 0,23$, – находим распределение радиального перемещения по толщине

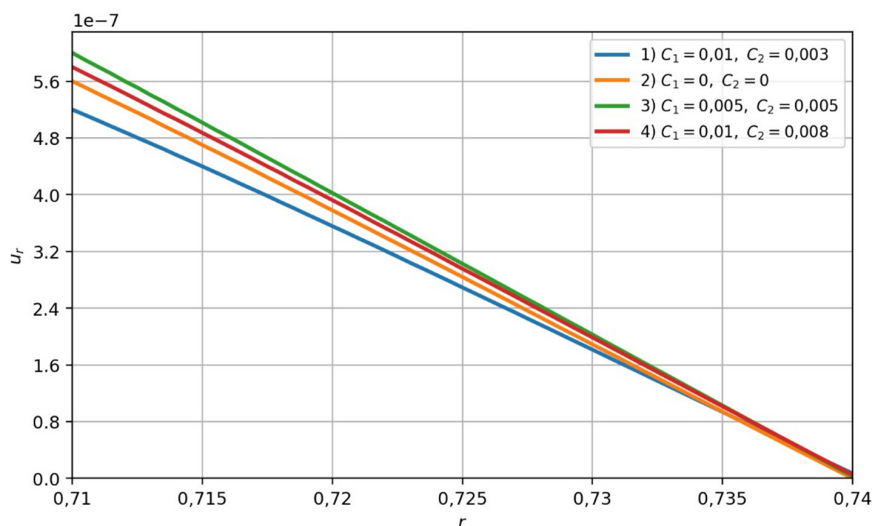


Рис. 3. Распределение радиального перемещения в сечении трубы при изменении концентрации на внешней поверхности трубы:
1) $C_1 = 0,01, C_2 = 0,003$; 2) $C_1 = 0, C_2 = 0$; 3) $C_1 = 0,005, C_2 = 0,005$; 4) $C_1 = 0,01, C_2 = 0,008$

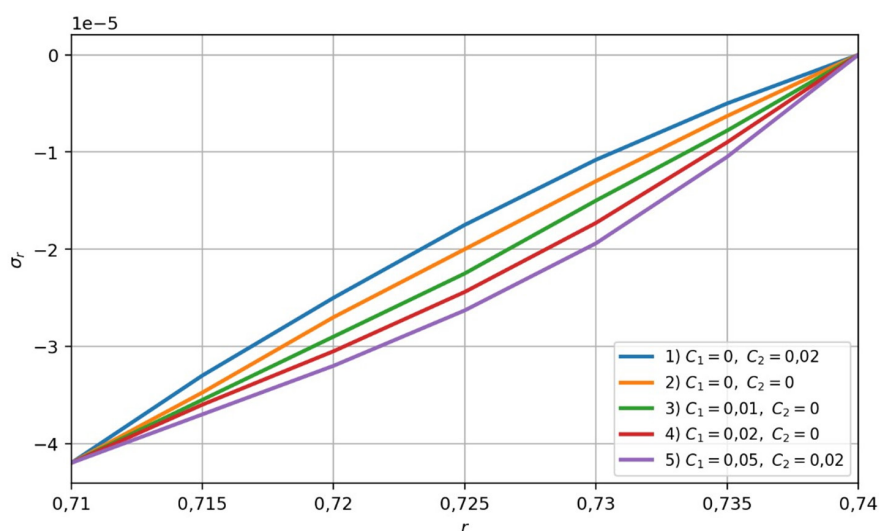


Рис. 4. Распределение радиального напряжения в сечении трубы при изменении концентрации на поверхностях трубы:
1) $C_1 = 0, C_2 = 0,02$; 2) $C_1 = 0, C_2 = 0$; 3) $C_1 = 0,01, C_2 = 0$; 4) $C_1 = 0,02, C_2 = 0$; 5) $C_1 = 0,05, C_2 = 0,02$

стенки трубы при изменении концентрации на внутренней поверхности трубы (рис. 2).

Из результатов исследования видно, что отклонение графика перемещения от графика перемещения, полученного при нулевых граничных концентрациях, будет тем больше, чем больше в материале трубы жидкости. Отклонения происходят в сторону больших перемещений (рис. 3).

Распределение радиального напряжения в сечении трубы при отсутствии жидкой среды может быть аппроксимировано линейной функцией, но при учете концентрации продиффундировавшей жидкости линейность распределения нарушается [6]. Мы имеем отклонение графика функции радиального напряжения от линейного положения выпуклостью вверх (в сторону меньших по модулю напряжений) при отрицательном значении разности $C_1 - C_2$ и выпуклостью вниз при положительном значении разности $C_1 - C_2$ (в сторону больших напряжений) (рис. 4).

Таким образом, при положительном росте значения выражения $C_1 - C_2$ напряжения в трубе

будут увеличиваться, что необходимо учитывать при расчете напряженно-деформированного состояния цилиндрической конструкции, находящейся под воздействием жидкой среды.

В результате работы сделаны следующие выводы.

1. Получена постановка задачи и выведены уравнения равновесия в перемещениях для ортотропной трубы при совместном действии внутреннего/внешнего давления и диффузионного воздействия жидкой среды, учтенного через поле концентрации и коэффициенты набухания материала.

2. Построена и описана разностная модель (с граничными условиями на внутренней и внешней поверхностях), для численной реализации которой применены метод установления и метод дробных шагов; получена абсолютно устойчивая схема расщепления со вторым порядком точности по пространственным переменным.

3. Численные результаты показали, что увеличение концентрации жидкости в материале приводит к росту радиальных перемещений относительно случая; при этом распределение радиальных напряжений перестает быть линейным, а знак и рост разности определяют характер отклонения и могут приводить к увеличению напряжений, что принципиально важно для корректного расчета НДС.

Литература

1. Peter Davies, Y.D.S. Rajapakse (eds.). *Durability of Composites in a Marine Environment*. Springer. 2013, 261 p.

2. Андриющенко, О.В. Математическая модель расчета напряженно-деформированного состояния ортотропной неравномерно нагруженной цилиндрической конструкции в пространстве / О.В. Андриющенко, И.М. Анохина // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 6(165). – С. 48–53.

3. Sandip Mazumder. *Numerical Methods for Partial Differential Equations: Finite Difference and Finite Volume Methods* / Sandip Mazumder. – Academic Press, 2016. – 484 p.

4. Crank, J. A Practical Method for Numerical Evaluation of Solutions of Partial Differential Equations of the Heat-Conduction Type / J. Crank, P. Nicolson // *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.*, 1947. – P. 43–50.

5. Андриющенко, О.В. Об одной схеме расщепления для разностной задачи расчета НДС ортотропной цилиндрической конструкции / О.В. Андриющенко, И.М. Анохина // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 1(184). – С. 34–42.

6. Андриющенко, О.В. Влияние жидких сред и температуры на релаксационные свойства полимеров / О.В. Андриющенко // *Пластические массы*. – 2006. – № 7. – С. 7–8.

References

2. Andryushchenko, O.V. *Matematicheskaya model rascheta napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya ortotropnoj neravnomerno nagruzhenoj tsilindricheskoj konstruktsii v prostranstve* / O.V. Andryushchenko, I.M. Anokhina // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 6(165). – S. 48–53.

5. Andryushchenko, O.V. *Ob odnoj skheme rasshepleniya dlya raznostnoj zadachi rascheta NDS ortotropnoj tsilindricheskoj konstruktsii* / O.V. Andryushchenko, I.M. Anokhina // *Perspektivy nauki*. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 1(184). – S. 34–42.

6. Andryushchenko, O.V. *Vliyanie zhidkikh sred i temperatury na relaksatsionnye svoystva polimerov* / O.V. Andryushchenko // *Plasticheskie massy*. – 2006. – № 7. – S. 7–8.

АНАЛИЗ СТРАТИФИКАЦИИ ВЯЗКОСТИ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ В ПОТОКЕ СТЕПЕННОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ЛОКАЛИЗОВАННОМ ВПРЫСКЕ ЧАСТИЦ

Т.А. ЛА, Л.А. УВАРОВА

ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «Станкин»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: неньютоновская жидкость; функция тока – вихрь; нерастворимые частицы; вязкость смеси; степенной закон.

Аннотация: В настоящей работе представлен комплексный численный анализ гидродинамики и процессов смешения при локализованном впрыске твердых частиц в поток неньютоновской жидкости, подчиняющейся степенному закону. Математическое моделирование многофазного течения выполнено в рамках осесимметричной постановки на основе системы уравнений в переменных «функция тока – вихрь». Реологическое поведение среды описывается комбинацией модели Оствальда – де Виля и формулы Эйнштейна для учета зависимости эффективной вязкости от концентрации дисперсной фазы. Интегрирование уравнений реализовано методом конечных разностей с применением неявной схемы переменных направлений (ADI) и аппроксимации конвективных членов против потока. Установлено, что, несмотря на слабое влияние частиц на осредненный профиль скорости при малых концентрациях ($C < 0,1$), процесс сопровождается существенными локальными динамическими возмущениями. В частности, за щелью впрыска формируется выраженная зона рециркуляции, выступающая в роли гидродинамической ловушки и препятствующая переносу примеси в ядро потока, что особенно характерно для псевдопластичных жидкостей. Ключевым результатом исследования является обнаружение эффекта нелинейной стратификации вязкости – образования локальных слоев с резкими градиентами, возникающих вследствие конкуренции сдвигового разжижения и локального роста концентрации частиц. Доказано, что данные высоковязкие слои подавляют радиальный массообмен, что приводит к значительному увеличению длины участка гомогенизации, а в совокупности с вихревыми структурами – к локальному росту касательных напряжений на стенке. Полученные данные демонстрируют принципиальную ограниченность одномерных подходов и имеют определяющее значение для корректного проектирования энергоэффективных смесительных устройств и трубопроводных систем.

Введение

Течения суспензий неньютоновских жидкостей с локализованным вводом частиц изучались значительно реже, чем однородные смеси. Классические работы по гомогенным суспензиям степенных жидкостей [1] показали, что даже при малых концентрациях частиц эффективная вязкость может существенно изменяться в областях с высоким градиентом скорости сдвига.

В последние годы появились исследования, посвященные пространственно неоднородному

распределению частиц в неньютоновских средах. Так, в работе [2] численно продемонстрировано возникновение «вязкостной стратификации» в канале с локальным впрыском частиц в псевдопластичную жидкость ($n < 1$), что приводит к перераспределению напряжений сдвига на стенке до 20–25 %. Аналогичные эффекты для дилатантных жидкостей ($n > 1$) были отмечены в статье [3], где авторы использовали модель Эйнштейна в сочетании со степенным законом и показали значительное увеличение перепада давления при локальном вводе частиц

в пристеночную область при низких концентрациях ($C < 0,1$).

В данной работе рассматривается задача о течении жидкости, подчиняющейся степенному закону, в которое через щель на стенке ($z_1 < z < z_2$) вводятся частицы со скоростью V_{inj} . Несмотря на то, что численные результаты показывают слабое влияние частиц на структуру течения (профили скорости), анализ динамических характеристик выявляет значимые эффекты.

Полученные результаты позволяют глубже понять механизмы взаимодействия между фазами в неньютоновских течениях, а также служат базой для оптимизации технических систем, в которых реализуется регулируемый ввод примесей или добавок в поток.

Постановка задачи

Рассматривается осесимметричное, изотермическое течение несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе. Ввод частиц осуществля-

ется через кольцевую щель на стенке. Приняты допущения о постоянной плотности суспензии и пренебрежении силами миграции частиц. Задача математически описывается через переменные «функция тока и вихрь», причем в безразмерной форме уравнения записываются в цилиндрической системе координат.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\omega u_r)}{\partial r} + \frac{\partial(\omega u_z)}{\partial z} = \\ & = \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \mu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} - \frac{\omega}{r^2} \right) + B \right\}, \\ & \Delta \psi - \frac{2}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + r \omega = 0, \\ & u_r \frac{\partial C}{\partial r} + u_z \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{1}{\text{Pe}} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial r} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right). \end{aligned}$$

Реологические свойства жидкости описываются степенной моделью Оствальда – де Вилля, в которой безразмерная эффективная вязкость (A) вычисляется по формуле:

$$A = k \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{u_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right)^2 \right\}^{\frac{n-1}{2}}.$$

Формула Эйнштейна для эффективной вязкости суспензии (смеси жидкости с твердыми частицами) в классическом виде применяется к ньютоновским жидкостям с малой концентрацией частиц. Она выглядит так:

$$\mu = A(1 + \alpha C),$$

где μ – эффективная вязкость смеси, A – вязкость неньютоновской жидкости, C – объемная доля частиц (концентрация твердой фазы), α – коэффициент чувствительности вязкости к концентрации, u_z , u_r – аксиальная и радиальная компоненты скорости соответственно, $\text{Re} = \rho U^{n-2} R^n / k$ – число Рейнольдса, ρ – плотность жидкой среды, R – радиус трубы, k – показатель консистенции, U – среднерасходная скорость в трубы, n – показатель нелинейности жидкости.

В начальный момент времени $t = 0$ предполагается, что течение жидкости в канале уже установилось и не содержит частиц. Таким об-

разом, поля функции тока и вихря соответствуют решению задачи установившегося течения неньютоновской жидкости без примесей. Концентрация частиц в жидкости повсеместно равна нулю.

На оси симметрии канала, то есть при нулевом радиусе, задаются условия симметрии. На боковой стенке канала выполняются условия прилипания. Концентрация частиц на стенке определяется по-разному, в зависимости от положения вдоль оси канала: вне зоны подачи частиц применяется условие непроницаемости (нулевой поток через стенку), а на участке стенки между координатами z_1 и z_2 , где происходит поступление частиц, задается фиксированное значение концентрации (условие Дирихле). На входе канала, постоянным заданным расходом, профиль скорости при этом соответствует ее установившемуся течению в бесконечной трубе. Концентрация частиц на входе принимается равной нулю, поскольку частицы поступают только через стенку. На выходе канала применяются мягкие граничные условия.

Граничные условия:

При $r = R$:

$$- \psi = \psi_0(\text{const}), \quad \omega = -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2}, \quad C = 0 \quad \text{при} \\ 0 \leq z \leq z_1 \quad \text{и} \quad z_2 \leq z \leq L,$$

$$- \psi = \psi_0 + V_{inj}(z_2 - z_1), \quad \omega = -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2}, \\ C = C_0(\text{const}), \quad u_r = -V_{inj} \quad \text{при} \quad z_1 \leq z \leq z_2.$$

$$\text{При } r = 0, \quad \omega = 0, \quad \psi = 0, \quad \frac{\partial C}{\partial r} = 0.$$

$$\text{При } z = 0, \quad \omega = -\frac{\partial u}{\partial r}, \quad \psi = \int_0^r u_z r dr, \quad C = 0$$

$$\text{При } z = L, \quad \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0, \quad \text{где} \\ u_z = \frac{3n+1}{n+1} \left(1 - r^{\frac{n+1}{n}}\right).$$

Метод решения

Для численного решения задачи применяется метод установления, при котором течение моделируется во времени до достижения квазистационарного состояния. Это означает, что на каждом временном шаге рассчитываются новые значения всех искомым функций – функции тока, вихря и концентрации частиц – и процесс продолжается до тех пор, пока изменения между шагами становятся достаточно малыми.

Дискретизация уравнений осуществляется с использованием конечно-разностного метода второго порядка точности. Для повышения устойчивости и эффективности используется схема переменных направлений (ADI-схема), которая позволяет поочередно решать уравне-

ния по каждому пространственному направлению. Это значительно ускоряет расчет по сравнению с традиционными неявными схемами.

Решение двумерных уравнений на каждом шаге по времени проводится с помощью метода прогонки (трехдиагонального алгоритма), что позволяет эффективно обрабатывать большие расчетные сетки.

Для аппроксимации конвективных слагаемых членов в уравнении используется схема против потока, обеспечивающая устойчивость расчета в зонах резких градиентов.

После каждого временного шага производится оценка изменения решения:

$$\max_{i,j} \left| 1 - \frac{\omega_{i,j}^t}{\omega_{i,j}^{t+1}} \right| < \varepsilon, \quad \max_{i,j} \left| 1 - \frac{\psi_{i,j}^t}{\psi_{i,j}^{t+1}} \right| < \varepsilon, \\ \max_{i,j} \left| 1 - \frac{C_{i,j}^t}{C_{i,j}^{t+1}} \right| < \varepsilon.$$

Здесь $\varepsilon = 10^{-5}$ выступает в роли критерия сходимости, величина которого устанавливается эмпирическим путем (в ходе тестовых расчетов). Применение явной схемы продиктовано легкостью ее программной реализации, а использование аппроксимации «против потока» для конвективных членов гарантирует устойчивость численного решения. Поскольку при $n < 1$ эффективная вязкость μ неограниченно возрастает, во избежание сингулярности применяется скорректированная форма реологического уравнения:

$$A = K \left\{ \sqrt{2 \left[\left(\frac{\partial u_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{u_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right)^2} + \xi \right\}^{n-1}.$$

Величина ξ представляет собой коэффициент регуляризации; его численное значение, равное 0,001, было установлено эмпирическим путем. Для верификации численного алгоритма проводилось исследование на последовательности вложенных сеток. В рамках основного этапа моделирования пространственный шаг был зафиксирован на уровне 0,025.

Результаты и обсуждение

Для детального анализа физических меха-

низмов в качестве репрезентативного случая выбрано течение псевдопластической жидкости ($n = 0,8$) в цилиндрическом канале радиусом $R = 1$ и длиной $L = 20$. Гидродинамические и диффузионные параметры потока соответствуют числам Рейнольдса $Re = 10$ и Пекле $Pe = 20$. Локализованный впрыск частиц осуществляется через кольцевую щель на стенке, расположенную в интервале между 50-м и 60-м узлами расчетной сетки (при общем количестве узлов вдоль оси $N_z = 801$). В безразмерных физических координатах это соответствует участку

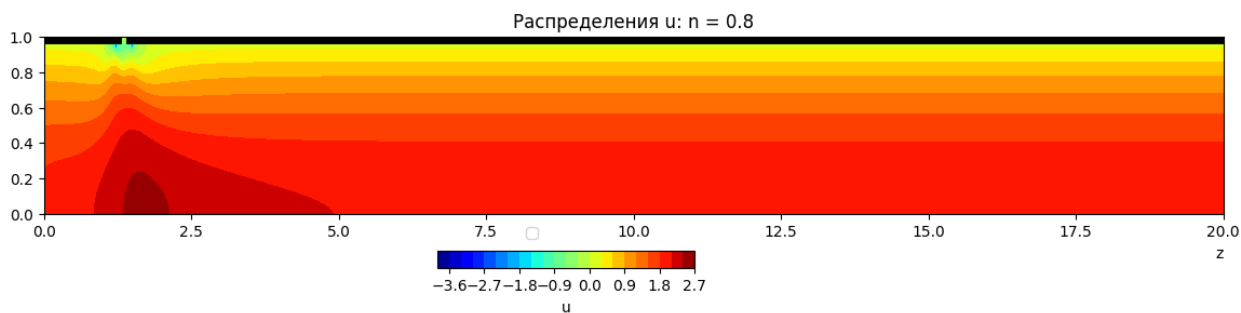


Рис. 1. Распределение аксиальной скорости

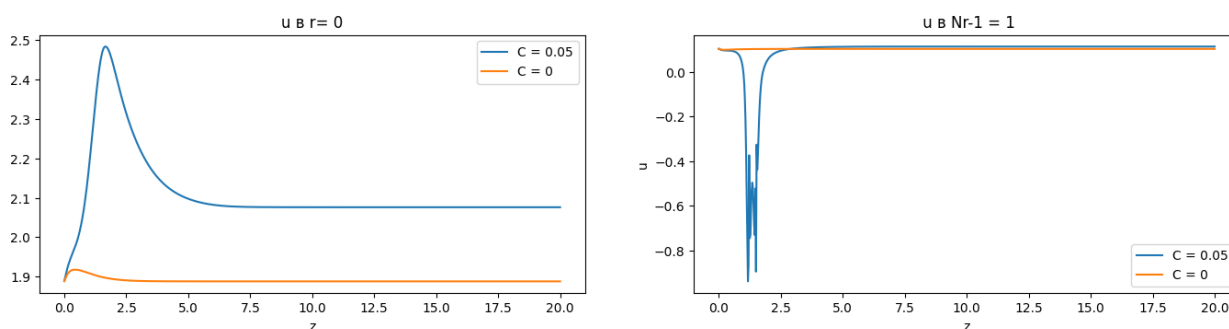


Рис. 2. Распределения аксиальной скорости на оси симметрии и блика стены

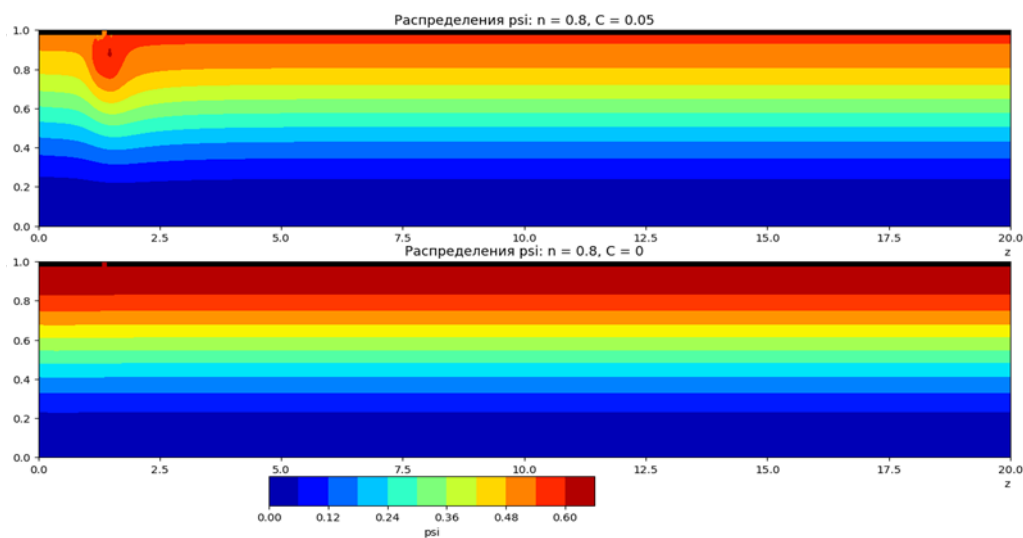


Рис. 3. Линии тока ($n = 0,8, C = 0,05$ и $n = 0,8, C = 0$)

$z \in [1,25; 1,50]$.

Оценка кинематического влияния

Профили скорости практически идентичны. Это подтверждает гипотезу о слабой ки-

нематической связи при данных параметрах и обосновывает необходимость смещения фокуса анализа на динамические характеристики.

Несмотря на совпадение профилей в зоне стабилизации, детальный анализ поля продольной скорости $u_z(r, z)$ в зоне инжекции ($z \approx 1-5$)

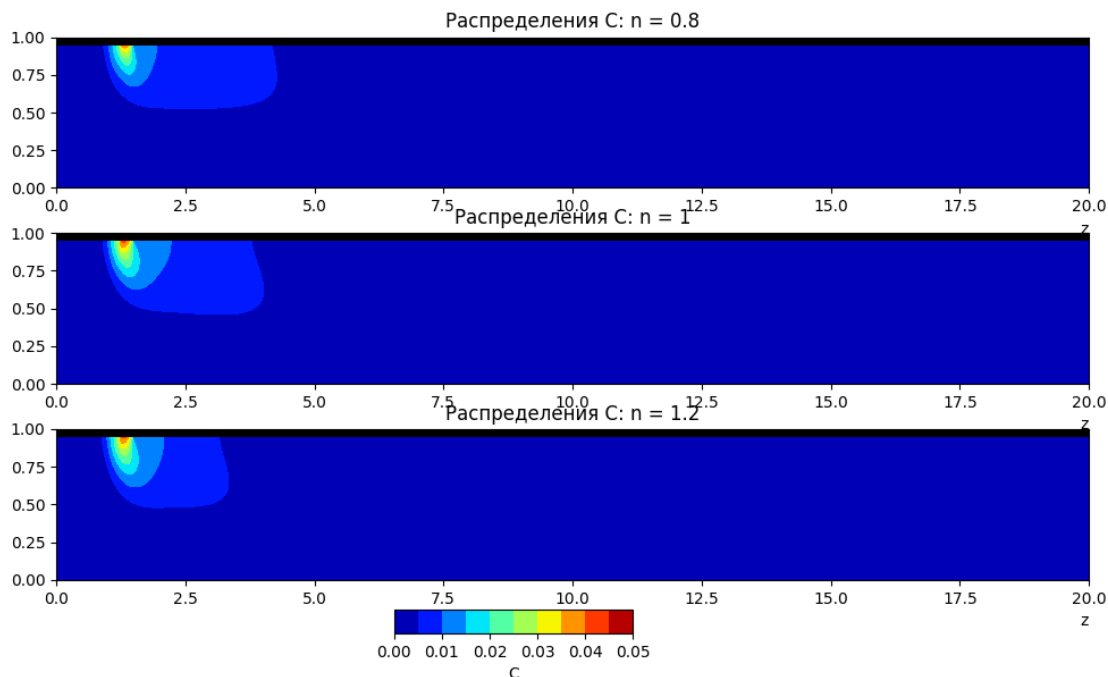


Рис. 4. Карта распределения концентрации $C(r, z)$

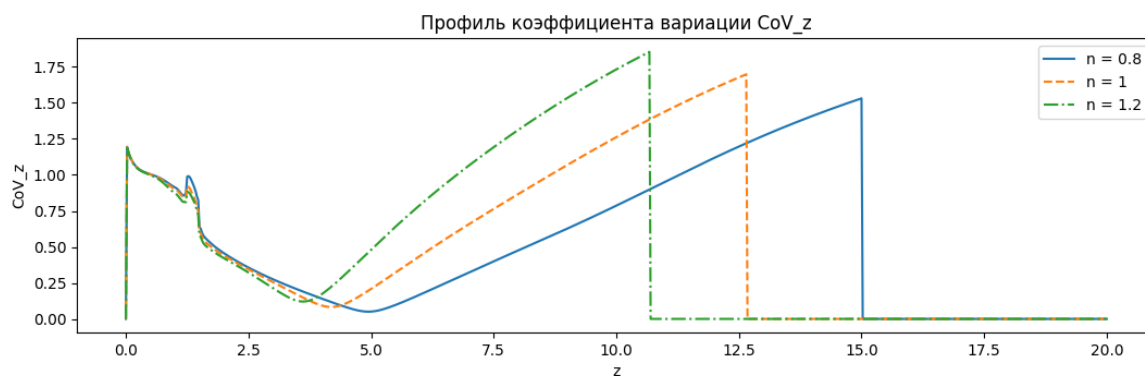


Рис. 5. График коэффициента вариации $CoV(z)$ вдоль оси трубы

выявляет сложную структуру течения, скрытую при рассмотрении только одномерных профилей.

На рис. 1 отчетливо наблюдается формирование зоны рециркуляции (область отрицательных скоростей, синий цвет) непосредственно за щелью впрыска при $r \approx 1$. Для псевдопластичной жидкости ($n = 0,8$) эта зона более выражена из-за снижения эффективной вязкости в области высоких градиентов скорости сдвига, создаваемых струей.

Одновременно с этим в ядре потока ($r < 0,5$) происходит локальное ускорение жидкости (зоны темно-красного цвета, $u > 2,0$). Это

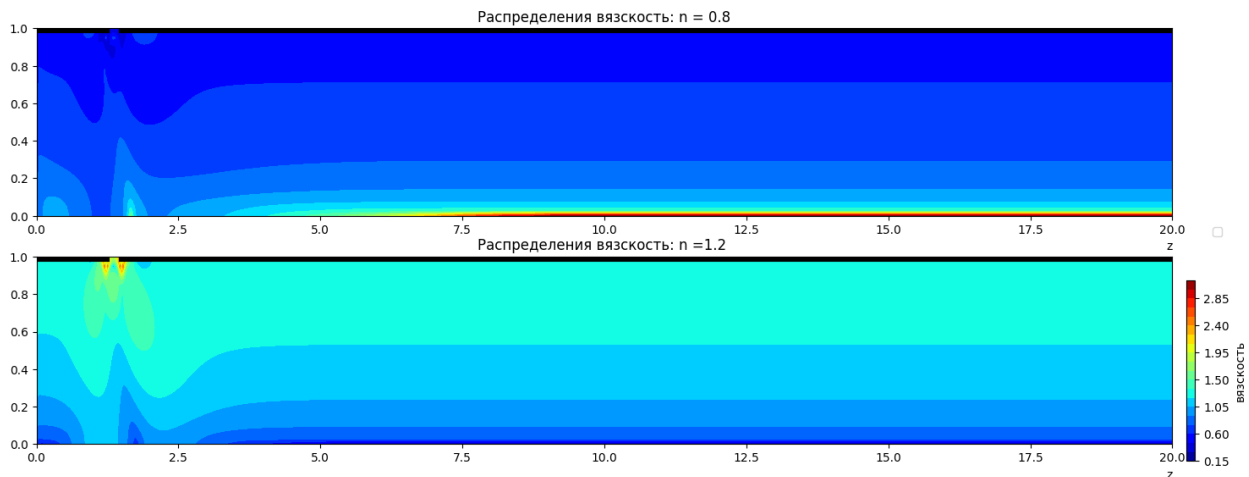
объясняется эффектом стеснения: вихревая зона у стенки выступает как гидродинамическое препятствие, сужая эффективное живое сечение трубы и вынуждая основной поток ускоряться согласно закону сохранения массы.

Перенос частиц и эффективность смешения

Анализ полей концентрации и профилей коэффициента вариации демонстрирует существенное влияние реологических свойств жидкости (индекса течения n) на гидродинамику переноса пассивной примеси и длину участка смешения.

Таблица 1. Зависимость характеристик смешения от индекса течения n

Показатель	$n = 0,8$	$n = 1,0$	$n = 1,2$
σ_{max}	0,014640	0,015263	0,015081
z при σ_{max}	1,325	1,325	1,300
L_{mix} (99 %)	10,350	8,685	7,225
L_{mix} (99,9 %)	12,050	10,100	8,450

Рис. 6. Карта распределения эффективной вязкости при $n = 0,8$ и $n = 1,2$

Увеличение длины зоны смешения для $n = 0,8$ тесно связано с топологией течения, описанной выше. Зона рециркуляции у стенки действует как «ловушка» для инерционных частиц. Частицы, попавшие в этот вихрь, удерживаются в пристенной области, задерживаясь относительно основного потока.

В псевдопластичной жидкости, благодаря уменьшению вязкости при сдвиге, струя суспензии проникает в основной поток с меньшим сопротивлением, но при этом генерирует более устойчивые вихревые структуры. Это приводит к тому, что вымывание примеси из пристенной зоны происходит медленнее, чем в случае ньютоновской или дилатантной жидкости, что и объясняет затянутый «хвост» распределения концентрации вдоль оси z .

Зависимость $CoV(z)$ типична для инъекции через узкую щель в ламинарном течении. Сразу за щелью $CoV \approx 1,05-1,10$. В средней части трубы CoV резко падает практически до нуля из-за сильного осевого растяжения облака трассера и появления зоны транзитной идеальной гомогенизации. В хвостовой области CoV резко воз-

растает вследствие деления на близкую к нулю среднюю концентрацию.

Эффекты наиболее выражены при $n = 0,8$; при $n = 1$ и $1,2$ зона транзитной гомогенизации значительно короче и всплеск почти отсутствует.

Поэтому для определения длины смешивания в данной задаче использовалось не CoV , а уменьшение абсолютного стандартного отклонения площади $\sigma(z)$.

Данные табл. 1 демонстрируют существенный рост длины смешения L_{mix} при усилении псевдопластичных свойств: для случая $n = 0,8$ длина участка гомогенизации (99 %) составляет 10,350, что почти в 1,4 раза превышает значение для дилатантной жидкости ($n = 1,2$, $L_{mix} = 7,225$). При этом пиковые значения неоднородности σ_{max} практически совпадают для всех режимов. Это подтверждает, что в псевдопластичных средах стратификация вязкости существенно замедляет затухание возмущений концентрации и подавляет процесс смешения.

Механизм: Стратификация вязкости

Наблюдаемая картина распределения вяз-

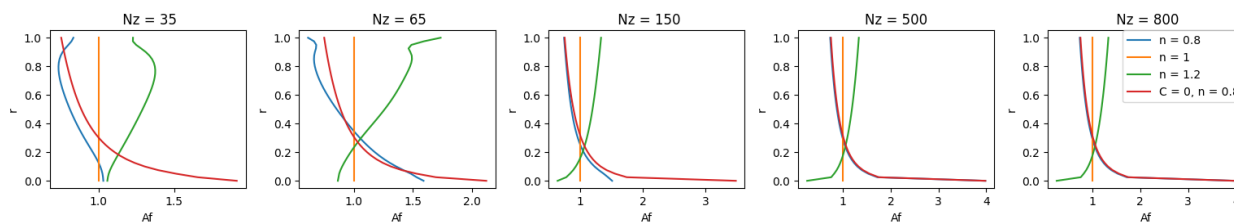


Рис. 7. Профили вязкости в различных сечениях z

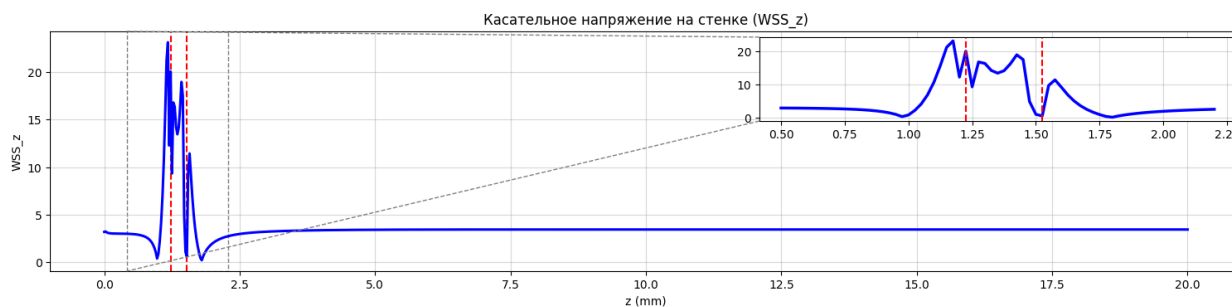


Рис. 8. График напряжения сдвига на стенке $WSS(z)$ вдоль трубы

кости является ключевым механизмом, объясняющим различия в длине смешения. Анализ полей эффективной вязкости выявляет фундаментальные различия в механизмах транспорта примеси. В случае псевдопластичной жидкости ($n = 0,8$, верхняя панель) отчетливо наблюдается формирование устойчивой стратификации: высоковязкое ядро потока (область красного цвета вблизи оси $r = 0$) окружено слоем жидкости с низкой вязкостью у стенки (область темно-синего цвета). Этот маловязкий пристенный слой, образованный вследствие сдвигового разжижения, действует как барьер, удерживающий инжектированные частицы и препятствующий их диффузии в ядро, что и приводит к максимальной длине смешения. Напротив, для дилатантной жидкости ($n = 1,2$, нижняя панель) картина инвертируется: вязкость минимальна на оси и максимальна у стенки. В зоне впрыска ($z \approx 1,5$) виден локальный всплеск вязкости (светлые и желтые пятна), вызванный синергией сдвигового загустевания и локального роста концентрации частиц. Эта зона повышенного сопротивления способствует дестабилизации пристенного слоя и более интенсивному выталкиванию примеси в центральную область с низкой вязкостью, обеспечивая более быструю гомогенизацию.

Как видно из графиков профилей вязкости

(сечения $Nz = 35$ и $Nz = 65$), взаимодействие этих факторов приводит к тому, что профиль вязкости становится немонотонным или даже «инвертированным» сразу после зоны ввода реагента. Синяя кривая ($n = 0,8$) демонстрирует сложное поведение, отклоняясь от профиля базовой жидкости.

Эта стратификация вязкости – формирование слоев жидкости с резко отличающимися реологическими свойствами – подавляет поперечный массоперенос. Высоковязкие слои (возникшие из-за высокой концентрации) могут блокировать развитие турбулентности или вихревых структур, тем самым «консервируя» неоднородности и увеличивая длину смешения, что мы и наблюдали на графиках $CoV(z)$.

Динамические последствия:

Напряжение сдвига

Изменение реологических свойств жидкости и введение второй фазы оказывают существенное влияние не только на кинетику смешения, но и на энергетические характеристики потока. Анализ гидродинамических параметров (касательного напряжения на стенке WSS) позволяет оценить «энергетическую цену» процесса смешения.

Профиль касательного напряжения на стенке (рис. 8) подтверждает сложную структуру течения в зоне ввода. Осцилляции касательно-

го напряжения на стенке (WSS) имеют четкую физическую интерпретацию, коррелирующую с полем скоростей. Первый пик соответствует точке непосредственного удара впрыскиваемой струи. Последующее падение WSS до нуля и смена знака (или близкие к нулю значения) маркируют границы отрывного пузыря (рециркуляционной зоны). Точка, где WSS возвращается к положительным значениям, соответствует точке присоединения потока.

Для $n = 0,8$ протяженность области низкого трения (зоны отрыва) максимальна, что подтверждает гипотезу о более устойчивой вихревой структуре в псевдопластичных средах.

Заключение

В настоящей работе проведено численное исследование гидродинамики и массопереноса при локализованном впрыске суспензии в поток степенной жидкости. На основе анализа полей скорости, вязкости и напряжений сдвига получены следующие основные результаты.

1. Выявлено формирование зон рециркуляции непосредственно за щелью впрыска. Установлено, что для псевдопластичных жидкостей ($n < 1$) данная область действует как «гидродинамическая ловушка», затрудняющая

перенос частиц в основное ядро потока.

2. Обоснована роль эффекта «стратификации вязкости» как определяющего фактора длины смешения. Показано, что конкуренция между сдвиговым разжижением и ростом концентрации (эффект Эйнштейна) создает высокоградиентные слои, блокирующие радиальный массообмен.

3. Установлено влияние реологических свойств на гомогенизацию: для достижения степени однородности 99 % в псевдопластичной среде ($n = 0,8$) требуется длина участка смешения в 1,4 раза большая, чем для дилатантной жидкости ($n = 1,2$).

4. Проведен анализ пристеночных касательных напряжений (WSS), выявивший корреляцию между зонами отрыва потока и локальными потерями давления. Показано, что введение частиц вызывает значительный рост напряжений сдвига, что критично для оценки износа оборудования.

5. Продемонстрирована необходимость использования многомерных моделей при проектировании смесителей. Доказано, что пренебрежение локальными вихревыми структурами и нелинейными эффектами вязкости ведет к существенным ошибкам в расчетах энергоэффективности систем.

Литература/References

1. Patankar, N.A. Lagrangian numerical simulation of particulate flows / N.A. Patankar, D.D. Joseph // *Int. J. Multiphase Flow*. – 2001. – № 27(10). – P. 1685–1706.
2. Marchelli, P. Cohesive Particle-fluid Systems: An Overview of their CFD Simulation / P. Marchelli // *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. – 2025. – No. 103(1). – P. 1–20.
3. Allen, P.A. Mixing in Density- and Viscosity-Stratified Flows / P.A. Allen, R.M. Dorrell, O.G. Harlen, R.E. Thomas, W.D. McCaffrey // *Phys. Fluids*. – 2022. – No. 34(9).

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА НА ДИНАМИКУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

А.А. СНАЗИН, В.И. ШЕВЧЕНКО, В.М. ЛИЗАН

ФГКВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: численное моделирование; детонация; дифракция; смесь газов.

Аннотация: Современные методы численного моделирования обеспечивают детальный анализ распространения ударных волн в кольцевых каналах. Цель работы – выявить влияние геометрического соотношения R/d на структуру фронта и скоростные характеристики ударной волны. Задачи включали исследование трех конфигураций канала ($R/d = 3,6; 2,6; 2,0$), оценку устойчивости режима и анализ распределения скоростей вдоль внутренней и внешней стенок. Гипотеза состояла в определяющей роли геометрии в формировании профиля и асимметрии скоростей. Численное моделирование на основе уравнений Навье – Стокса с моделью $k-\omega$ SST выявило рост различий скоростей до 28 % при уменьшении R/d и подтвердило устойчивость распространения во всех случаях.

Введение

Исследование влияния геометрических параметров канала на распространение детонационной волны по окружности может быть упрощено до анализа ее движения в кольцевой структуре с неподвижной газовой средой. При сложном взаимодействии детонационной волны со стенками кольцевого канала могут возникать характерные режимы ее распространения, включая нестабильные режимы с временными отказами детонации или повторным зажиганием [1–4].

В предыдущих исследованиях [5–6] установлено, что повторное возбуждение детонационной волны возможно за счет воспламенения несгоревшей смеси в разрывных зонах. В работе [7] демонстрируется зависимость формирования повторного инициирования от геометрии канала и начальных условий давления. Полученные результаты позволяют сделать выводы о сложности динамики детонационных волн в кольцевых каналах и выявить ключевые факторы, определяющие их стабильность.

В рамках настоящего исследования рассматривается задача о распространении ударной волны в кольцевом канале при двухмерном моделировании.

Постановка задачи

Численное моделирование распространения ударной волны в кольцевой геометрии выполнялось в двухмерном приближении (рис. 1). Исследуемая конструкция представляет собой кольцевой канал с радиусом $R = 18$ мм, при ширине, определяемой соотношением $R/d = 3,6, 2,6$ и $2,0$, а также прямым участком длиной $l = 20$ мм. Граничные условия для внешней и внутренней стенок канала соответствуют условиям прилипания.

Численные расчеты выполнялись на основе уравнений Навье – Стокса, осредненных по Рейнольдсу, с применением модели турбулентности $k-\omega$ SST [8].

Решение уравнений движения и турбулентности проводилось с использованием центральной разностной схемы второго порядка точности, а для дискретизации по времени применялась неявная схема второго порядка [9]. Инициализация расчетной области выполнялась при стандартных условиях: температура $T_0 = 298$ К и давление $p_0 = 0,1$ МПа. На входе задавалась область повышенного давления размером $h = 2$ мм с параметрами $p_1 = 0,12$ МПа и $T_1 = 2000$ К, а на выходе поддерживалось атмосферное давление $p_0 = 0,1$

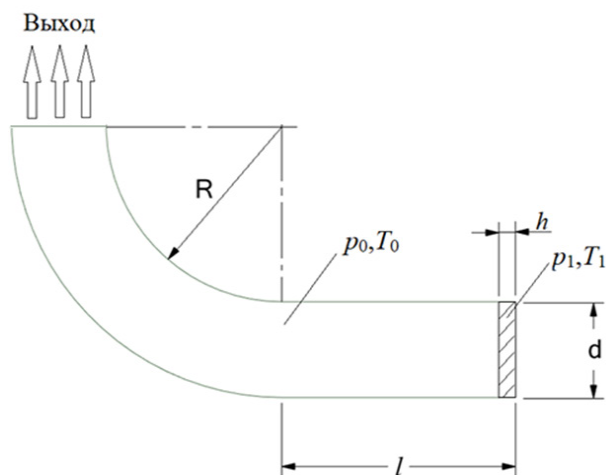


Рис. 1. Геометрия плоского канала

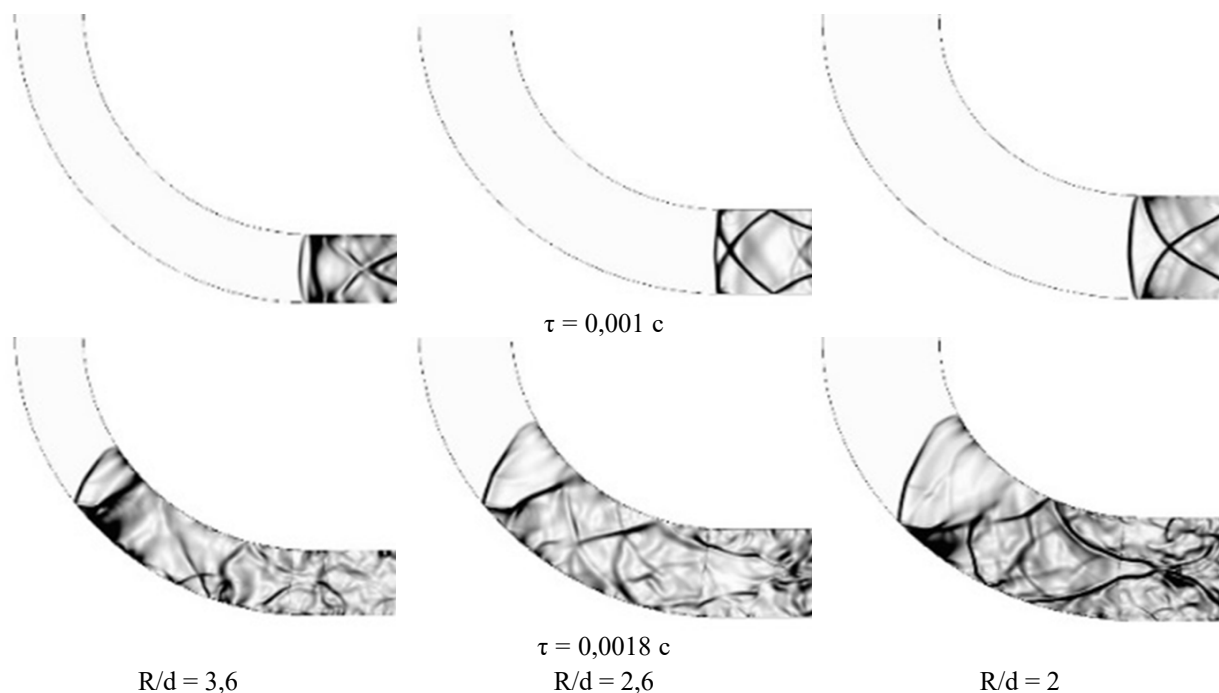


Рис. 2. Эволюция ударных волн при распространении по кольцевым каналам различной ширины

МПа. С учетом необходимости разрешения газодинамических неоднородностей при ограниченных вычислительных ресурсах, расчетная область дискретизировалась сеткой из $2,253 \times 10^6$ конечных элементов.

Результаты моделирования

На рис. 2 представлена последовательность численных шпирен-картин для рассма-

триваемых режимов моделирования с постоянным временным интервалом между волновыми фронтами.

В процессе моделирования в правой части канала задается локальная область повышенного давления (рис. 1), что приводит к образованию сильных ударных волн.

Эти волны взаимодействуют между собой и развиваются в поперечные и отраженные волны, движущиеся со скоростями, близкими к

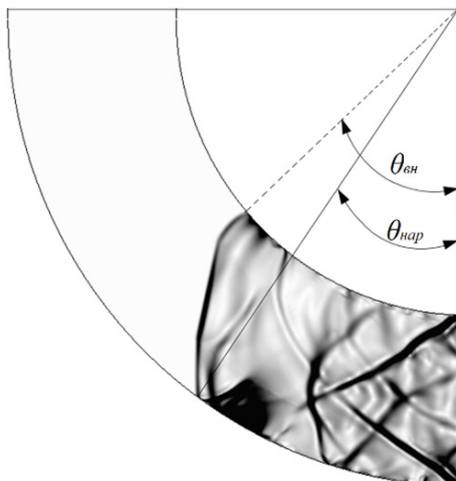


Рис. 3. Численные шлирен-картины распространения ударной волны с обозначением центральных углов θ

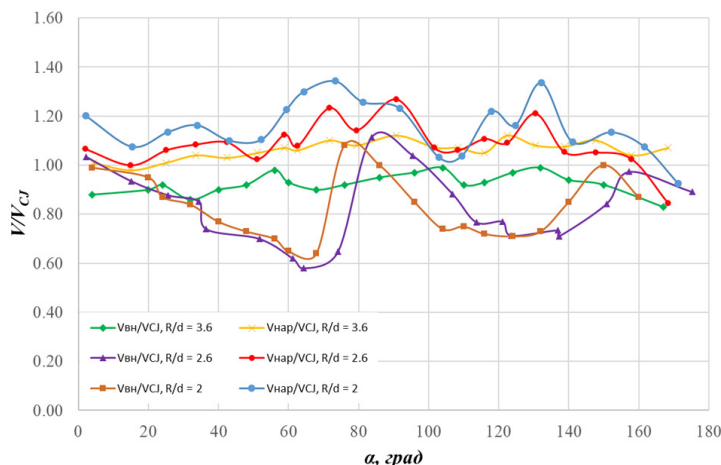


Рис. 4. График изменения скорости распространения ударной волны вдоль внутренней и внешней стенок канала

звуковой.

Изначально образуется множество поперечных волн (рис. 2), но их количество уменьшается из-за взаимодействия со стенками.

Стабильность распространения ударной волны определяется в основном ее дифракцией на внутренней стенке.

На рис. 3 показана шлирен-картина с обозначением углов θ , демонстрирующая отдаление фронта из-за дифракции.

Сжатие у внешней стенки создает зону повышенных параметров за тройной точкой, что приводит к локальной детонации в области расщепления [11–13].

На рис. 4 показаны изменения скорости фронта V относительно V_{CJ} (скорость детонации Чепмена – Жуге). Дифракция у внутренней стенки снижает $V_{\text{вн}}/V_{CJ}$ до среднего значения 0,8 при $R/d = 2,6$ и до 0,86 при $R/d = 2$, но при приближении тройной точки к стенке скорость достигает максимума. На внешней стенке ($V/V_{CJ} > 1$) эволюция более стабильна из-за перегрузки.

Увеличение ширины канала усиливает дифракционные потери, а регулярное отражение уменьшает угол фронта. Сокращение расстояния между стенками стабилизирует распространение волны. При $R/d = 3,6$ фронт приобретает почти плоскую форму с перпендикулярным расположением к стенкам (рис. 2 и 4), что обеспечивает практически постоянную скорость ($V_{\text{вн}}/V_{CJ} \approx 0,9$; $V_{\text{нар}}/V_{CJ} \approx 1,1$).

Выводы

В данном исследовании проведено детальное изучение динамики распространения ударной волны в кольцевых каналах.

Представлены результаты подробного анализа различных режимов распространения ударной волны, включая механизмы формирования, структуру и скоростные характеристики на стенках канала.

Были проанализированы три геометрические конфигурации кольцевого канала с соотношениями R/d , равными 3,6, 2,6 и 2,0.

Во всех рассмотренных случаях наблюдался устойчивый режим распространения ударной волны.

В случае $R/d = 3,6$ было установлено, что фронт ударной волны обладает практически прямым профилем. При этом скорости распространения по внешней и внутренней стенкам канала различаются менее чем на 15 % и демонстрируют плавный характер изменения. Было установлено, что с увеличением радиального расстояния между стенками канала наблюдается изменение в соотношении скоростей. При уменьшении соотношения R/d разница между средними скоростями на внутренней и внешней стенках растет – до 28 % при $R/d = 2,0$.

Полученные результаты демонстрируют значимость геометрических параметров и способствуют более точному моделированию процессов в кольцевых структурах.

Литература

1. Deiterding, R. A Parallel Adaptive Method for Simulating Shock-Induced Combustion with Detailed Chemical Kinetics in Complex Domains / R. Deiterding // *Computers & Structures*. – 2009. – Vol. 87. – P. 769–783.
2. Deiterding, R. High-Resolution Numerical Simulation and Analysis of Mach Reflection Structures in Detonation Waves in Low-Pressure H_2-O_2-Ar Mixtures: A Summary of Results Obtained with the Adaptive Mesh Refinement Framework AMROC / R. Deiterding // *Journal of Combustion*. – 2011. – Art. 738969.
3. Сназин, А.А. Исследование влияния импульсной детонации газа в канале сложной формы на дифракцию ударных волн / А.А. Сназин, В.И. Шевченко // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2023. – № 4. – С. 251–255. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-4-251-256. – EDN VRNPUY.
4. Сназин, А.А. Исследование влияния геометрии канала на дифракцию ударных волн при детонации газа / А.А. Сназин, В.И. Шевченко // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2023. – № 2. – С. 163–168. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-2-163-168. – EDN BPGBAR.
5. Гидаспов, В.Ю. Численное моделирование инициирования детонации в керосино-воздушной газокapпельной смеси падающей ударной волной / В.Ю. Гидаспов, О.А. Москаленко // *Труды МАИ*. – 2016. – № 90.
6. Фролов, В.Н. Экспериментальные исследования инициирования детонации и режимов работы камеры пульсирующего детонационного двигателя / В.Н. Фролов, И.В. Гаранин // *Труды МАИ*. – 2010. – № 038. – С. 13. – EDN MQPNWB.
7. Li, J. Numerical Application of Additive Runge-Kutta Methods on Detonation Interaction with Pipe Bends / J. Li, H. Ren, J. Ning // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2013. – Vol. 38(21). – P. 9016–9027.
8. Yuan, X. Adaptive Simulations of Detonation Propagation in 90-degree Bent Tubes / X. Yuan, J. Zhou, Z. Lin, and X. Cai // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2016. – Vol. 41(40). – P. 18259.
9. Melguizo-Gavilanes, J. Dynamics of Detonation Transmission and Propagation in a Curved Chamber: A Numerical and Experimental Analysis / J. Melguizo-Gavilanes, V. Rodriguez, P. Vidal, R. Zitoun // *Combustion and Flame*. – 2021. – Vol. 223(5). – P. 460–473.
10. Menter, F.R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications / F.R. Menter // *AIAA J*. – 1994. – Vol. 32(8). – Art. 1598e605.
11. Сназин, А.А. Исследование локальной адаптации сетки конечных элементов в задаче обтекания тела сверхзвуковым потоком / А.А. Сназин, А.В. Шевченко, Е.Б. Панфилов // *Труды МАИ*. – 2022. – № 125. – DOI: 10.34759/trd-2022-125-06. – EDN DJAQVA.
12. Wilson, G.J. Modelling Supersonic Combustion Using a Full-Implicit Numerical Method / G.J. Wilson, R.W. MacCormack // *AIAA J*. – 1992. – Vol. 30.
13. Сназин, А.А. Исследование влияния числа Рейнольдса и качества сетки на стабильность метода решеточных уравнений Больцмана / А.А. Сназин, В.И. Шевченко // *Перспективы науки*. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2026. – № 1(196). – С. 32–35.

References

3. Snazin, A.A. Issledovanie vliyaniya impulsnoj detonatsii gaza v kanale slozhnoj formy na difraktsiyu udarnykh voln / A.A. Snazin, V.I. Shevchenko // *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2023. – № 4. – S. 251–255. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-4-251-256. – EDN VRNPUY.
4. Snazin, A.A. Issledovanie vliyaniya geometrii kanala na difraktsiyu udarnykh voln pri detonatsii gaza / A.A. Snazin, V.I. Shevchenko // *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2023. – № 2. – S. 163–168. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-2-163-168. – EDN BPGBAR.
5. Gidasпов, V.YU. CHislennoe modelirovanie initsirovaniya detonatsii v kerosino-vozdushnoj

gazokapelnoj smesi padayushchej udarnoj volnoj / V.YU. Gidasov, O.A. Moskalenko // Trudy MAI. – 2016. – № 90.

6. Frolov, V.N. Eksperimentalnye issledovaniya initsirovaniya detonatsii i rezhimov raboty kamery pulsiruyushchego detonatsionnogo dvigatelya / V.N. Frolov, I.V. Garanin // Trudy MAI. – 2010. – № 038. – S. 13. – EDN MQPNWB.

11. Snazin, A.A. Issledovanie lokalnoj adaptatsii setki konechnykh elementov v zadache obtekaniya tela sverkhzvukovym potokom / A.A. Snazin, A.V. Shevchenko, E.B. Panfilov // Trudy MAI. – 2022. – № 125. – DOI: 10.34759/trd-2022-125-06. – EDN DJAQVA.

13. Snazin, A.A. Issledovanie vliyaniya chisla Rejnoldsa i kachestva setki na stabilnost metoda reshetochnykh uravnenij Boltsmana / A.A. Snazin, V.I. Shevchenko // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2026. – № 1(196). – S. 32–35.

© А.А. Сназин, В.И. Шевченко, В.М. Лизан, 2026

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ОБЪЕМНОГО RAY MARCHING С ГЕНЕРАЦИЕЙ КАУСТИК НА ОСНОВЕ СКАЛЯРНОГО ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ

Б.В. ТЮЛЬКИН, В.М. ГРИШКИН

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: ray marching; физически корректный рендеринг; оптическая модель; уравнения Френеля; каустики; скалярное поле; GPU; реальное время.

Аннотация: Цель работы – разработка метода визуализации жидкости в реальном времени на основе интерпретации трехмерного скалярного поля плотности как оптической среды. Предполагается, что использование единой *iso-surface* для экранной трассировки и генерации каустика обеспечивает согласованность визуализации независимо от способа получения поля. Метод основан на объемной трассировке (*ray marching*), вычислении нормалей по градиенту, моделировании преломления и отражения по законам Снеллиуса и Френеля и учете объемного поглощения по закону Бугера – Ламберта – Бера. Каустики формируются путем параллельной трассировки световых лучей на GPU с двойным преломлением и разделением энергии. В результате получен универсальный подход, не привязанный к конкретному методу симуляции жидкости и обеспечивающий интерактивную производительность при корректном воспроизведении оптических эффектов.

Введение

Визуализация жидкости в реальном времени традиционно рассматривается в контексте конкретных методов симуляции. Рендеринг строится как этап пайплайна, следующий за SPH, FLIP или эйлеровым решателем, и часто оптимизируется именно под особенности выбранного метода – будь то рендеринг отдельных частиц, *screen-space* реконструкция поверхности [8] или извлечение полигональной сетки алгоритмом *Marching Cubes* [5]. Однако, с точки зрения оптики, жидкость – это прежде всего среда с определенным показателем преломления и коэффициентом поглощения, ограниченная поверхностью (*iso-surface* скалярного поля). Независимо от того, как было получено поле плотности, оптические законы взаимодействия света с этой средой одинаковы.

В настоящей работе предлагается подход, в котором произвольное трехмерное скалярное поле плотности интерпретируется как оптическая среда. Метод *ray marching* используется

для определения границ среды из поля плотности; вычисления нормалей поверхности из градиента поля; моделирования преломления, отражения и поглощения при взаимодействии луча с поверхностью и толщиной среды; генерации каустика путем трассировки лучей света через *iso-surface*.

Единственное требование к входным данным – наличие 3D-текстуры со скалярным полем, в котором изоповерхность разделяет жидкость и воздух. Источником таких данных может быть любой метод симуляции жидкости, аналитическая функция или данные, полученные из физического эксперимента.

В отличие от существующих подходов, ориентированных на конкретный метод симуляции или на полигональную реконструкцию поверхности, предлагаемый метод рассматривает скалярное поле плотности как единственный источник геометрической и оптической информации. Вся визуализация строится на одной и той же *iso-surface*, используемой как для экранной трассировки, так и для генерации каустика,

что обеспечивает геометрическую и энергетическую согласованность оптических эффектов. Это позволяет объединить объемную трассировку поверхности и построение каустик в рамках единой физически согласованной модели, а также реализовать многомасштабную оценку нормалей и устойчивую схему обработки множественных взаимодействий.

2. Входные данные

Метод оперирует единственной входной структурой данных – трехмерной текстурой $\rho: R^3 \rightarrow R$, где $\rho(x) > \rho_0$ – область жидкости; $\rho(x) \leq \rho_0$ – область воздуха; ρ_0 – пороговое значение (*iso-level*), определяющее поверхность.

Текстура располагается в ограничивающем параллелепипеде (*bounding box*) с известными размерами и положением в мировом пространстве. Преобразование мировых координат в текстурные:

$$uvw = (x - c + s/2)/s,$$

где c – центр бокса, s – его размеры.

Для предотвращения артефактов нормалей на границах объема плотность вне *bounding box* плавно интерполируется к значению воздуха, что стабилизирует вычисление градиента.

3. Оптическая модель поверхности

В настоящем разделе используются следующие обозначения: $\rho(x)$ – скалярное поле плотности; τ – порог *iso-surface* (*iso-level*); η_1, η_2 – показатели преломления первой и второй сред; \mathbf{n} – нормаль поверхности; \mathbf{i} – единичный вектор направления падающего луча; \mathbf{t} – направление преломленного луча; \mathbf{r} – направление отраженного луча; θ_i, θ_t – углы падения и преломления; R_s, R_p – коэффициенты отражения для s - и p -поляризации; \mathbf{R} – коэффициент отражения для неполяризованного света; $\mathbf{T} = 1 - \mathbf{R}$ – доля преломленной энергии.

3.1. Определение поверхности

Поверхность жидкости определяется как *iso-surface* поля плотности $S = \{x: \rho(x) = \rho_0\}$. Для каждого луча пересечение с *iso-surface* находится марширующим методом объемной трассировки [3; 4]: луч проходит через объем с шагом Δs , на каждом шаге сэмплируя плотность. При обнаружении перехода через порог $\rho > 0$ фиксируется точка поверхности.

3.2. Нормали из градиента

Нормаль поверхности в точке x вычисляется как нормализованный градиент поля:

$$n(x) = \frac{\nabla \rho(x)}{|\nabla \rho(x)|}.$$

Градиент аппроксимируется центральными конечными разностями:

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} \approx \frac{\rho(x - \hat{e}_x) - \rho(x + \hat{e}_x)}{2h}.$$

Знак разности выбран так, чтобы нормаль указывала в сторону убывания плотности – от жидкости к воздуху.

Нормали, вычисленные из скалярного поля, физически корректны: они следуют из формы поля, а не аппроксимируются из буфера глубины (как в *screen-space* методах) или интерполируются между вершинами полигональной сетки (как в *Marching Cubes*). Это принципиально для корректного моделирования преломления и отражения.

3.3. Обработка границ объема

Вблизи граней ограничивающего параллелепипеда нормали могут искажаться из-за неполноты данных за пределами объема. Применяется смешивание: нормаль объема интерполируется с нормалью ближайшей грани бокса:

$$n' = \text{normalize}(n_{\text{vol}}(1 - w) + n_{\text{face}} \cdot w).$$

Вес w определяется расстоянием до грани через *smoothstep* и модулируется вертикальной компонентой нормали (поверхность воды вблизи стенки сохраняет вертикальную нормаль, а не «приликает» к стенке).

3.4. Преломление

На границе двух сред луч преломляется по закону Снеллиуса:

$$t = \eta d + (\eta \cos \theta_i - \cos \theta_t) n$$

где $\eta = n_1/n_2$, $\cos \theta_i = -d \cdot n$, $\cos \theta_t = \sqrt{1 - \eta^2(1 - \cos^2 \theta_i)}$.

При $\sin^2 \theta_t > 1$ преломление невозможно – наступает полное внутреннее отражение (*TIR*).

3.5. Отражение и уравнения Френеля

Коэффициент отражения на границе двух

сред вычисляется по полным уравнениям Френеля для обеих поляризаций:

$$R_s = \left(\frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \right)^2,$$

$$R_p = \left(\frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t} \right)^2.$$

Для неполяризованного света: $R = (R_s + R_p)/2$,
доля преломленного света: $T = 1 - R$.

Направление отраженного луча:

$$r = d - 2(d \cdot n)n.$$

3.6. Поглощение в толще среды

Свет, проходящий через толщу жидкости, ослабляется экспоненциально (закон Бугера – Ламберта – Бера):

$$T(\lambda) = e^{-\sigma(\lambda) \cdot \tau}$$

где $\sigma(\lambda) = (\sigma_r, \sigma_g, \sigma_b)$ – спектральный вектор коэффициентов экстинкции, τ – оптическая глубина, вычисляемая интегрированием плотности вдоль луча:

$$\tau = \int_0^L \rho(x(t)) \cdot \mu dt,$$

где μ – множитель плотности, L – длина пути через среду. Различие коэффициентов по каналам моделирует селективное поглощение, характерное для воды (голубой оттенок при поглощении красного). Модель взаимодействия света соответствует физически обоснованному подходу (*physically based rendering*) [7].

4. Рендеринг (Ray Marching)

Для каждого пикселя выполняется трассировка луча через ограничивающий объем с поиском *iso-surface* и применением оптической модели. При каждом пересечении вычисляются отраженный и преломленный лучи с весами Френеля. Для ограничения сложности продолжается только доминирующий по энергии путь, глубина взаимодействия фиксирована.

Финальный цвет пикселя – сумма вкладов от каждого взаимодействия:

$$L = \sum_i L_{env}(x_i, d_i) \cdot \prod_{j \leq i} T_j \cdot w_j,$$

где L_{env} – освещение окружения в точке, T_j – пропускание на j -м участке, w_j – вес пути (из Френеля).

5. Генерация каустик

5.1. Постановка задачи

Каустики – области повышенной яркости на поверхностях, возникающие при фокусировке преломленных лучей. В отличие от методов *photon mapping* и *screen-space* каустик [1; 6], предложенный подход формирует карту освещенности непосредственно на основе *iso-surface* скалярного поля. Искривленная *iso-surface* поля плотности действует как массив линз: вогнутые участки концентрируют свет, выпуклые – рассеивают. Задача: по заданному полю плотности и направлению света вычислить 2D-карту яркости (текстуру каустик) на плоской принимающей поверхности (пол).

5.2. Построение сетки лучей

Лучи каустик формируются равномерной сеткой в плоскости, перпендикулярной направлению света, с покрытием проекции *bounding box*. Для подавления регулярного алиасинга применяется стохастическое смещение.

5.3. Поиск поверхности и бинарный поиск

Каждый луч сетки проходит через *bounding box* с фиксированным шагом. При обнаружении положительной плотности положение поверхности уточняется методом бисекции, обеспечивающим стабильное определение точки пересечения.

5.4. Многомасштабные нормали

Для каустик используется вычисление нормалей с усреднением по нескольким масштабам:

$$n = \sum_{k=1}^3 w_k \cdot \hat{\nabla} \rho(x, h_k),$$

где $h_k = h_0 \cdot \{1; 2; 3,5\}$, веса $w_k = \{0,15; 0,35; 0,5\}$. Крупные масштабы определяют общую форму каустик, мелкие – детали. Параметр h_0 (*normalSampleScale*) управляет резкостью: меньшие значения дают более контрастные каустики.

5.5. Оптическая модель каустик

На найденной поверхности вычисляются

преломленный и отраженный лучи. Система поддерживает три конфигурации.

1. *Только преломление.* Луч преломляется на входе в среду (воздух → жидкость), проходит через нее, преломляется на выходе (жидкость → воздух) и проецируется на пол. При *TIR* луч отбрасывается. Это наиболее производительный режим.

2. *С отражением при TIR.* Если на входе или выходе из среды наступает полное внутреннее отражение, луч отражается вместо отбрасывания. При *TIR* на выходе луч отражается обратно внутрь среды.

3. *С разделением по Френелю.* Энергия каждого луча разделяется между двумя путями пропорционально коэффициенту Френеля. Оба пути трассируются независимо, каждый вносит свой вклад в текстуру каустик:

$$\begin{aligned} I_{refract} &= I_0 \cdot (1 - R), \\ I_{reflect} &= I_0 \cdot R \cdot w_{reflect} \end{aligned}$$

где R – коэффициент Френеля, $w_{reflect} \in [0; 1]$ – вес отраженного вклада.

5.6. Трассировка через среду

Преломленный луч маршрутирует через толщу жидкости до одного из событий:

- *достижение пола* – точка попадания фиксируется непосредственно;
- *выход из среды* (плотность ниже порога) – вычисляется нормаль выходной поверхности, выполняется второе преломление.

При *TIR* на выходе: отражение (если включено) или *fallback* на исходное направление света. Отраженный луч проецируется на плоскость пола, минуя среду.

5.7. Интенсивность и фокусировка пучка

Базовая интенсивность луча модулируется двумя факторами.

1. *Угловой фактор* – упрощенный Френель для модуляции яркости:

$$F = 1 - (1 - |n \cdot (-l)|)^3.$$

2. *Фактор фокусировки* – оценивает сжатие/расхождение пучка из изменения нормалей вдоль поверхности:

$$f = |n(x + \epsilon r) \cdot l - n(x - \epsilon r) \cdot l|.$$

Итоговая интенсивность:

$$I = I_0 \cdot F \cdot (1 + \text{saturate}(f)^k \cdot s),$$

где $k \in [1; 6]$ – степень фокусировки, $s \in [0; 3]$ – сила усиления.

5.8. Накопление и нормализация

Каждый луч атомарно добавляет интенсивность (*RGB*) и счетчик (*alpha*) в пиксель *2D*-текстуры каустик, определяемый проекцией точки попадания на пол в *UV*-пространство текстуры.

При нормализации яркость пикселя вычисляется следующим образом:

$$B = \frac{N_{actual}}{N_{expected}} \cdot I^{-}, \quad N_{expected} = \frac{N_{total}^2}{P_{resolution}^2}.$$

Значение $B > 1$ означает фокусировку лучей (яркая каустика), $B < 1$ – разрежение (тень), $B = 1$ – равномерное освещение. Для пикселей без попавших лучей устанавливается $B = 1$. Опциональный тонмаппинг: $B' = B / (1 + B \cdot t)$, где $t = 0$ сохраняет физически корректные яркие пики.

5.9. Сглаживание

Текстура каустик сглаживается многопроходным *separable Gaussian blur* (11-tap ядро, $\sigma \approx 3$). Количество проходов (0–8) контролирует мягкость каустик. Сложность свертки – $O(2 \cdot k \cdot P^2)$ вместо $O(k^2 \cdot P^2)$ при прямой свертке.

6. Интеграция каустик с рендерингом

Текстура каустик сэмплируется в основном шейдере *Ray Marching* при вычислении освещения пола. Мировая позиция точки пола преобразуется в *UV*-координаты:

$$uv = (x_{xz} - p_{min, xz}) / (p_{max, xz} - p_{min, xz}).$$

Значение каустик используется как множитель к цвету пола:

$$C_{floor} = C_{base} \cdot T_{shadow} \cdot \text{lerp}(1, C_{caustic}, \text{strength}).$$

Каустики вычисляются в отдельном *compute shader*-е каждый кадр, синхронно с обновлением поля плотности. Параметры *iso-level* и множитель плотности синхронизируются между рендерером и каустиками для согласованности определения поверхности.

7. Реализация

Реализация метода ориентирована на па-

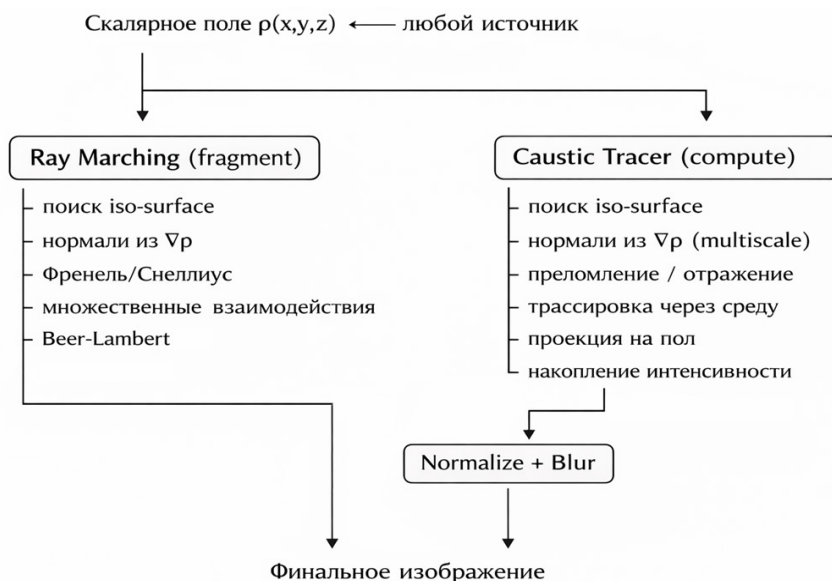


Рис. 1. Архитектура метода визуализации

раллельные вычисления на *GPU*. Входными данными служат трехмерная текстура плотности и двумерная текстура каустик с плавающей точкой. Все этапы трассировки и накопления энергии организованы в виде вычислительных стадий, выполняемых в *compute shader*. Общая структура вычислительного процесса представлена на рис. 1.

Экранный *ray marching* выполняется в пиксельном пространстве с поиском *iso-surface* и последующим применением оптической модели. Генерация каустик реализована как независимый вычислительный этап, включающий параллельную трассировку световых лучей через объем и накопление распределения энергии в двумерной текстуре.

Для обеспечения интерактивной производительности используются стандартные приемы ускорения объемной трассировки: раннее завершение лучей вне ограничивающего объема, уточнение пересечений методом бисекции и ограничение глубины множественных взаимодействий. Сглаживание карты каустик выполняется разделяемой сверткой, что снижает вычислительную сложность по сравнению с прямой двумерной фильтрацией.

8. Результаты

Предложенный метод обеспечивает корректное воспроизведение оптических эффектов при визуализации жидкости. На рис. 2 показано

сравнение упрощенной модели, учитывающей только геометрическое преломление, и полной оптической модели, включающей уравнения Френеля, объемное поглощение и множественные взаимодействия лучей. Усложнение модели приводит к формированию угловой зависимости отражения и селективному ослаблению света в толще среды, что соответствует физическим ожиданиям.

Генерация каустик основана на трассировке световых лучей через ту же *iso-surface* скалярного поля. На рис. 3 слева представлен финальный рендер сцены с интеграцией каустик в модель освещения пола. Справа показана первичная карта плотности световых лучей, полученная непосредственно после трассировки через *iso-surface*, до этапов сглаживания и тонмаппинга. Сопоставление изображений демонстрирует соответствие распределения энергии и итоговой структуры каустических фокусировок.

Оценка производительности показывает, что экранный *ray marching* выполняется за 12 мс. Генерация каустик с разрешением 512^2 требует 14 мс без учета разделения по Френелю и 15 мс при трассировке двух путей. Дополнительная постобработка (*Gaussian blur*, 3 прохода) увеличивает суммарное время до 16 мс, что сохраняет интерактивную производительность.

9. Заключение

Представлен метод визуализации жидко-

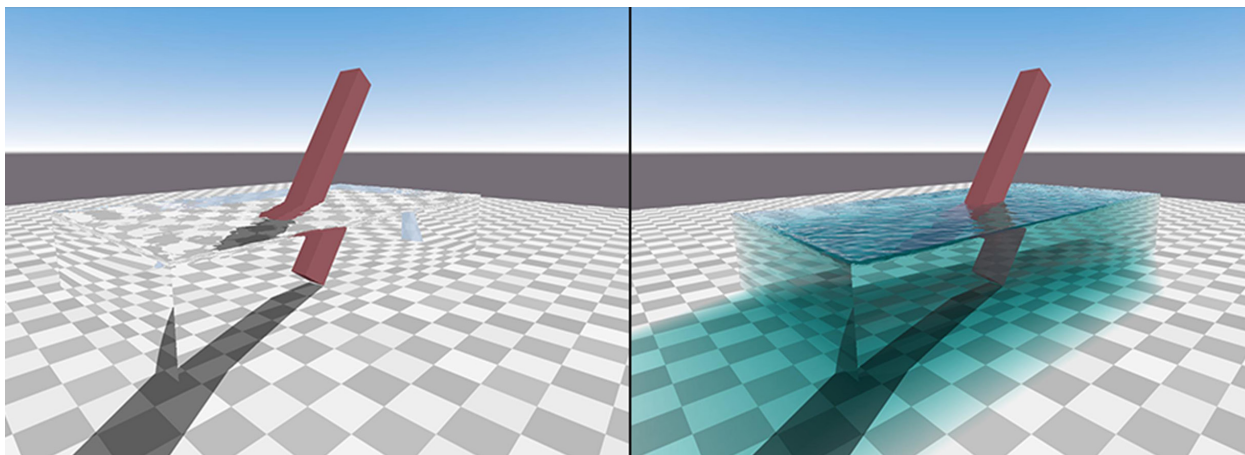


Рис. 2. Визуализация с учетом только преломления (слева) и с полной моделью Френеля и объемного поглощения (справа)

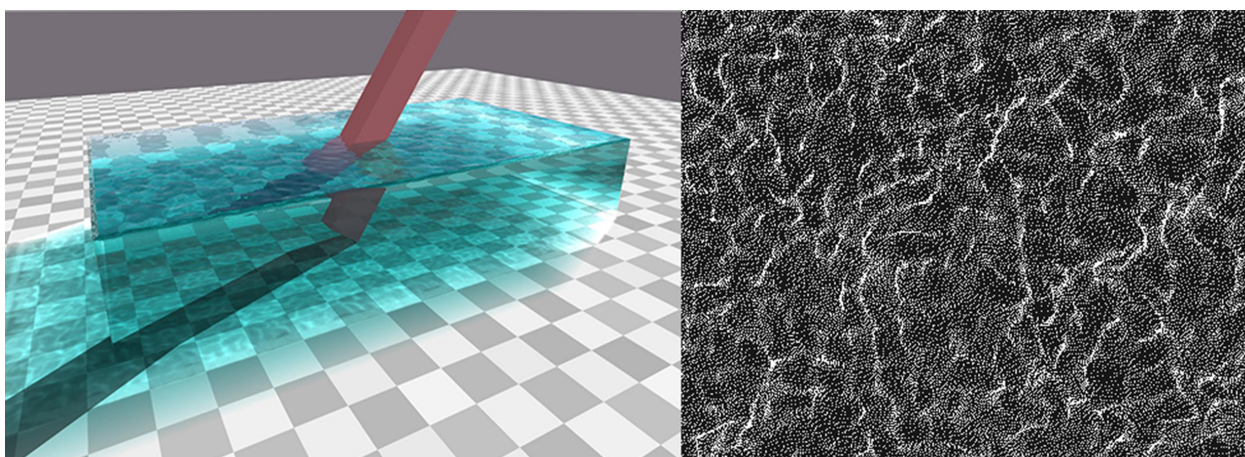


Рис. 3. Генерация каустик: финальный рендер сцены (слева) и первичная карта плотности лучей (справа)

сти, основанный на интерпретации трехмерного скалярного поля плотности как оптической среды. Использование единой *iso-surface* и ее градиента как для экранной трассировки, так и для генерации каустик обеспечивает геометрическую и энергетическую согласованность визуализации. Реализация на *GPU* позволяет достигать интерактивной производительности при сохранении физически обоснованной модели преломления, отражения и объемного поглощения.

Метод не зависит от способа получения скалярного поля и может применяться к частичным, эйлеровым и *level-set* решателям [2]. При

этом качество визуализации определяется разрешением входной *3D*-текстуры, а аппроксимационная обработка множественных взаимодействий и использование атомарных операций при накоплении каустик накладывают ограничения на точность и масштабируемость.

Перспективными направлениями развития являются учет спектральной дисперсии, адаптивный шаг маршрутирования, расширение модели на подповерхностное рассеяние и моделирование вторичных эффектов (пена, брызги). Эти направления позволяют повысить физическую полноту модели без изменения ее общей архитектуры.

Литература/References

1. Bitterli, B. Spatiotemporal Reservoir Resampling for Real-Time Ray Tracing / B. Bitterli, C. Wyman, M. Pharr, P. Shirley, A. Lefohn, W. Jarosz // *ACM Transactions on Graphics*. – 2020. – Vol. 39. – No. 4. – P. 148:1–148:14.
2. Enright, D. A Hybrid Particle Level Set Method for Improved Interface Capturing / D. Enright, R. Fedkiw, J. Ferziger, I. Mitchell // *Journal of Computational Physics*. – 2002. – Vol. 183. – No. 1. – P. 83–116.
3. Hadwiger, M. Advanced Illumination Techniques for GPU-Based Volume Raycasting / M. Hadwiger, P. Ljung, C. Salama, T. Ropinski // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. – 2018. – Vol. 24. – No. 1. – P. 775–786.
4. Hart, J. Sphere Tracing: A Geometric Method for the Antialiased Ray Tracing of Implicit Surfaces / J. Hart // *The Visual Computer*. – 1996. – Vol. 12. – No. 10. – P. 527–545.
5. Lorensen, W. Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm / W. Lorensen, H. Cline // *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*. – 1987. – Vol. 21. – No. 4. – P. 163–169.
6. Mara, M. Real-Time Screen-Space Caustics / M. Mara, M. McGuire // *Journal of Computer Graphics Techniques*. – 2013. – Vol. 2. – No. 2. – P. 1–18.
7. Pharr, M. *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation* : 4th ed. / M. Pharr, W. Jakob, G. Humphreys. – Cambridge : MIT Press, 2023. – 1200 p.
8. Van der Laan, W. Screen Space Fluid Rendering with Curvature Flow / W. Van der Laan, S. Green, M. Sainz // *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, 2009. –P. 91–98.

© Б.В. Тюлькин, В.М. Гришкин, 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ФЛЮИДНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

С.В. НЕСТЕРЕНКО, В.М. ФОКИН, В.В. ФЕДОРОВ

ООО «Волгограднефтепроект»;
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград

Ключевые слова и фразы: теплообмен; флюидная скважина; система теплоснабжения; теплофизические параметры.

Аннотация: Целью статьи являются исследования влияния теплообмена и теплофизических параметров флюидных теплоносителей на работу теплоэнергетических систем теплоснабжения, а также энергетического потенциала скважин в зависимости от давления, температуры и глубины скважины. Была поставлена задача – получение функциональной зависимости динамической температуры флюида на устье добывающей скважины с учетом температуры пласта флюидной скважины, глубины флюидной скважины, суточного дебита флюида, а также продолжительности эксплуатации флюидной скважины. Гипотезой исследования является то, что возможно использовать энергетический потенциал флюидных скважин для теплоэнергетической системы теплоснабжения и получения экономической эффективности флюидных скважин. В статье используются методы математического эксперимента и моделирования. Благодаря достигнутому математическим экспериментом результатам впервые получены функциональные зависимости динамической температуры флюида на устье скважин с учетом пластовой температуры, глубины, суточного дебита и продолжительности эксплуатации скважины. Также впервые была проведена оценка энергетического потенциала флюидных скважин для теплоэнергетических систем теплоснабжения.

Введение

Тепловую энергию получают в теплогенераторах: в водогрейных и паровых котельных агрегатах, а также различных производственных и технологических установках. Аккумуляторами и носителями тепловой энергии являются различные жидкости, флюиды, пары и газы, которые называются в этом случае теплоносителями. Горячую воду из водогрейных котлов направляют на отопление жилых и промышленных зданий, а пар из промышленных паровых котлов – на осуществление разного рода технологических процессов. Передачу тепловой энергии от одного теплоносителя к другому осуществляют в устройствах, называемых теплообменными аппаратами.

Очевидно, что энергетические превращения природных видов энергии в другие, более удобные для практического использования, в

общем случае осуществляются не прямо, а в несколько этапов или нескольких контурах циркуляции при участии различных рабочих тел (теплоносителей).

Исследования выявили, что на энергетический потенциал флюидных источников энергии для работы теплотехнических устройств теплоэнергетических систем теплоснабжения влияют: плотность, вязкость и температура флюида (пластовой воды, газа и нефти); глубина и давление скважины; теплофизические свойства флюида: теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость; время эксплуатации флюидных действующих скважин.

Оценка энергоэффективности теплотехнического, теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления и вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, использования вторичных энергоресурсов и аль-

тернативных источников энергии позволяет разрабатывать перспективные программы энергосбережения, технико-экономические обоснования по технологическому или организационному совершенствованию и энергосберегающие мероприятия. Вопросы исследования энергетического потенциала флюидных скважин освещены [1–5].

Математический эксперимент

Для эффективного использования флюидов в теплоэнергетических системах теплоснабжения потребуется разработка обобщенной математической функциональной зависимости, позволяющей определить температуру флюида на устье скважины в зависимости от глубины, дебита и времени эксплуатации артезианских и нефтегазоконденсатных скважин.

На основании исследований унифицированной схемы и графика статических и динамических температур по глубине скважин недр Нижнего Поволжья получена обобщенная математическая зависимость статической пластовой температуры флюидов. Статическая пластовая температура флюидов t_{CF} (°C) имеет примерно линейный характер по глубине скважин H (м), от 500 до 6000 м, и имеет математическую зависимость в пределах скважины:

$$t_{\text{CF}} \cong 5 + (0,03 \cdot H), \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Пластовое давление флюидных глубинных скважин: P , кгс/см², имеет приблизительно линейный характер от глубины скважины: H , м:

$$P_{\text{CF}} \cong 0,11 \cdot H. \quad (1)$$

На основании проведенных исследований статических температур по глубине скважин недр Нижнего Поволжья получена обобщенная математическая зависимость статической пластовой температуры флюидов по глубине скважин H от 500 до 4000 м:

$$t_{\text{CF}} \cong 5 + (0,0317 \cdot H), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Установлено, что температура флюида на устье флюидных добывающих скважин зависит от множества параметров: от конструкции лифта скважины, глубины забоя, дебита и времени эксплуатации (месяц, год и т.д.).

В общем случае динамическая температура

флюида на устье добывающей скважины $T_{\text{ФУС}}$ зависит от ряда условий:

$$T_{\text{ФУС}} = f(T_{\text{ПЛ}}; H_{\text{СК}}; G_{\text{Ф}}; B_{\text{Ф}}),$$

где $T_{\text{ПЛ}}$ – температура пласта флюидной скважины, °C; $H_{\text{СК}}$ – глубина флюидной скважины, м; $G_{\text{Ф}}$ – суточный дебит флюида, т/сут; $B_{\text{Ф}}$ – продолжительность эксплуатации флюидной скважины (месяцев, лет).

Используя методы математического эксперимента, моделирования, получена функциональная зависимость – функционал, позволяющий с погрешностью до 10 % и надежностью 0,9 определять динамическую температуру флюида на устье действующей флюидной добывающей скважины.

Если известна температура пластовой залежи, то динамическая температура на устье флюидной добывающей скважины $T_{\text{ФУС}}$ определяется по функциональной зависимости:

$$T_{\text{ФУС}} = 5 + \Theta_T (3,11 \cdot G^{0,58} + 5,5 \cdot \lg B), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

где 5 – статическая температура флюида на устье скважины (°C); Θ_T – безразмерная относительная температура пластовой залежи флюида добывающей скважины на глубине забоя (°C); $G_{\text{Ф}}$ – суточный дебит флюида добывающей скважины (т/сут); 5,5 – поправочный коэффициент; B – продолжительность эксплуатации добывающей скважины (месяц).

Безразмерная относительная температура пластовой залежи флюида на глубине забоя скважины (Θ_T) – численно равна отношению температуры пласта залежи флюида, добывающей скважины на глубине забоя: $T_{\text{ПЛ}}$ (°C), к природной статической температуре флюида на глубине 6000 м: $St_1 = 180$ °C:

$$\Theta_T = T_{\text{ПЛ}}/180. \quad (4)$$

Если известна глубина забоя добывающей скважины H (м), то динамическая температура на устье флюидной добывающей скважины $T_{\text{ФУС}}$ определяется по функциональной зависимости:

$$T_{\text{ФУС}} = 5 + \Theta_H \cdot (3,11 \cdot G^{0,58} + 5,5 \cdot \lg B), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5)$$

где 5 – статическая температура флюида на устье скважины (°C); Θ_H – безразмерная относительная глубина скважины (м); $G_{\text{Ф}}$ – су-

точный дебит флюида добывающей скважины (т/сут); 5,5 – поправочный коэффициент; B – продолжительность эксплуатации добывающей скважины (месяц).

Безразмерная относительная глубина скважины (Θ_H) численно равна отношению глубины залежи флюида добывающей скважины $H_{ПД}$ (м) к глубине забоя природной скважины 6000 м:

$$\Theta_H = H_{ПД}/6000. \quad (6)$$

При оценке энергетического потенциала флюидных скважин для теплоэнергетических систем теплоснабжения необходимо учитывать энергетический потенциал самой скважины, а также потери теплоты от транспортировки теплоносителя (флюида) по трубопроводу и потери теплоты в теплообменнике и сепараторе.

Энергетический потенциал или тепловая мощность флюидных скважин зависит от дебита скважины, массовой теплоемкости флюида и перепада температуры флюида пласта и на устье добывающей скважины.

Из действующей скважины нагретый флюид подается в теплообменник, где отдает теплоту другому теплоносителю (воде, этиленгликолю или антифризу). Охлажденный до 15 °С флюид после сепарации закачивается в холодную (не действующую) скважину.

Тепловая нагрузка скважины $Q_{СК}$ (Вт) определяется по соответствующему значению расхода греющего флюида или дебита флюида $G_{Ф}$ (кг/с), перепада температуры флюида $\Delta T_{Ф}$ пласта – $T_{ПД}$ (°С) и температуры флюида на устье – $T_{ФУС}$ (°С) добывающей скважины:

$$Q_{СК} = G_{Ф} \cdot c_{Ф} \cdot \Delta T_{Ф} = G_{Ф} \cdot c_{Ф} \cdot (T_{ПД} - T_{ФУС}), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (7)$$

где $c_{Ф}$ – массовая теплоемкость флюида, кДж/(кг·К).

Температура флюида на устье $T_{ФУС}$ (°С) в зависимости (7) определяется по формуле (3) или (5).

Оценка энергетического потенциала флюидных скважин

Энергетический потенциал флюидных скважин $Q_{СК}$ (кВт) возможно использовать для теплоэнергетической системы теплоснабжения.

Предварительный расчет экономической эффективности от реализации энергетического потенциала флюидных скважин можно оце-

нить, если для теплоэнергетической системы теплоснабжения вместо флюидной скважины использовать теплогенератор, работающий на органическом топливе (природном газе или мазуте), то расчетный расход топлива в теплогенераторе: газа, м³/с, или мазута, кг/с, составит:

$$B_p = (Q_K \cdot 10^5) / (Q_H \cdot \eta_{бр}), \quad (8)$$

где Q_K – теплопроизводительность теплогенератора, кВт (кДж/с); Q_H – низшая теплота сгорания топлива (газа или мазута), кДж/м³ (кДж/кг); $\eta_{бр}$ – коэффициент полезного действия (брутто) теплогенератора, %.

При мощности теплогенератора $Q_K = 100$ кВт (кДж/с) $\eta_{бр} = 90$ % (0,9) и использовании природного газа с теплотворностью $Q_H = 35000$ кДж/м³, расчетный расход топлива составит:

$$\begin{aligned} B_p &= 0,00317 \text{ м}^3/\text{с}, \\ B_p &= 11,4 \text{ м}^3/\text{ч}, \\ B_p &= 274 \text{ м}^3/\text{сутки}, \\ B_p &= 8217 \text{ м}^3/\text{месяц}, \\ B_p &= 98600 \text{ м}^3/\text{год}. \end{aligned}$$

Годовая экономия природного газа составит $B_p = 98600$ м³/год. Даже при стоимости природного газа 8000 руб. за 1000 м³ природного газа экономия составит порядка 789 тыс. руб. на 100 кВт, или 7,89 млн руб. на 1 МВт тепловой мощности источника теплоты.

Выводы

Проведенные исследования и анализ земных структур и флюидов, а также теплообмена и теплофизических параметров флюидных источников энергии для теплоэнергетических систем теплоснабжения позволяют сделать следующие заключения.

1. Для повышения энергосбережения нефтегазоконденсатных скважин требуются надежные методы, позволяющие совершенствовать качественное и количественное определение теплофизических свойств скважин, а также пластовых жидкостей, флюидов, нефти и воды.

2. Теплообмен нефтегазоконденсатных скважин с грунтом зависит от множества параметров: структуры, плотности, температуры, теплофизических свойств (теплопроводность, массовая теплоемкость) и др.

3. Установлено, что температура флюида

на устье добывающих скважин зависит от глубины забоя, дебита, времени эксплуатации и конфигурации лифта скважин.

4. Математическим экспериментом впервые получены функциональные зависимости (3) и (5) динамической температуры флюида на

устье скважин с учетом пластовой температуры, глубины, суточного дебита и продолжительности эксплуатации скважины.

5. Впервые проведена оценка энергетического потенциала флюидных скважин для теплоэнергетических систем теплоснабжения (7).

Литература

1. Панасов, Б.В. Влияние теплофизических свойств пластов на энергетический потенциал геотермальных скважин нижнего Поволжья / Б.В. Панасов, В.М. Фокин, Е.П. Окунева, Т.Б. Александрина // Энергоэффективность Волгоградской области. – 2008. – № 4. – С. 21–23.

2. Фокин, В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М. : Машиностроение – 1, 2006. – 256 с.

3. Шпильрайн, Э.Э. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии для децентрализованного энергоснабжения / Э.Э. Шпильрайн // Перспективы энергетики. – 2002. – Т. 5. – С. 299–306.

4. Будикин, А.Е. Технические решения по устройству систем отопления и основные эксплуатационные проблемы в малоэтажных жилых зданиях в Арктической полосе Республики Саха (Якутия) / А.Е. Будикин, Е.Г. Слободчиков // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 12(90). – С. 14–18.

5. Иванов, В.Н. Влияние параметров климата на эксплуатацию систем теплообеспечения зданий / В.Н. Иванов, А.Н. Колодезникова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 11(146). – С. 90–93.

References

1. Panasov, B.V. Vliyanie teplofizicheskikh svojstv plastov na energeticheskij potentsial geotermalnykh skvazhin nizhnego Povolzhya / B.V. Panasov, V.M. Fokin, E.P. Okuneva, T.B. Aleksandrina // Energoeffektivnost Volgogradskoj oblasti. – 2008. – № 4. – S. 21–23.

2. Fokin, V.M. Osnovy energosberezheniya i energoaudita / V.M. Fokin. – M. : Mashinostroenie – 1, 2006. – 256 s.

3. SHpilrajn, E.E. Ekologicheskie aspekty primeneniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii dlya detsentralizovannogo energosnabzheniya / E.E. SHpilrajn // Perspektivy energetiki. – 2002. – T. 5. – S. 299–306.

4. Budikin, A.E. Tekhnicheskie resheniya po ustrojstvu sistem otopeniya i osnovnye ekspluatatsionnye problemy v maloetazhnykh zhilykh zdaniyakh v Arkticheskoy polose Respubliki Sakha (Yakutiya) / A.E. Budikin, E.G. Slobodchikov // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 12(90). – S. 14–18.

5. Ivanov, V.N. Vliyanie parametrov klimata na ekspluatatsiyu sistem teploobespecheniya zdaniy / V.N. Ivanov, A.N. Kolodeznikova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 11(146). – S. 90–93.

АРХИТЕКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННЫХ НАБЕРЕЖНЫХ: РАССМОТРЕНИЕ ПРИМЕРОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РОЛИ НАБЕРЕЖНЫХ КАК ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Е.С. ШАФРАЙ

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва*

Ключевые слова и фразы: городские набережные; архитектурные элементы пространства; восприятие пространства; средовая психология в архитектуре; эстетические и визуальные качества пространства; комфортность; круглогодичность использования.

Аннотация: Статья посвящена рассмотрению архитектурных и композиционных приемов пространственной организации набережных, которые способствуют повышению привлекательности набережных в системе комфортной городской среды. При этом необходимо принимать во внимание климатические условия и возможности круглогодичного использования набережных. В статье акцентируется внимание на следующих подходах в организации общественных и пешеходных пространств набережных: визуальный комфорт, создание комфортной среды, многофункциональность использования пространства, создание гармонии в восприятии пространства, создание сценариев посещения набережной, эстетические свойства пространства и адаптивность использования пространства. Рассматриваются архитектурные элементы набережных. Архитектурные приемы предлагается условно разделить на три группы: 1) для достижения эстетических и визуальных качеств пространства, отражающих культуру и историю; 2) для создания комфортности и безопасности; 3) для создания сценариев посещения набережных.

Научная гипотеза, представленная в статье, сформулирована таким образом: необходимо комплексное, гармоничное и сбалансированное использование архитектурных приемов в достижении привлекательности набережных как городских общественных пространств с учетом круглогодичности их использования. В статье рассмотрены некоторые примеры городских набережных в различных городах нашей страны. Набережные во многих городах являются важной составляющей образа города, они посещаются жителями и гостями города, являются местом проведения культурных мероприятий.

В заключение отмечается, что дальнейшее изучение архитектурной организации набережных в различных климатических условиях с учетом возможностей их круглогодичного использования является интересным и актуальным направлением.

Введение

Многие города расположены вдоль рек, что исторически имело существенное значение для развития торговли и речного судоходства. Основные функции набережных изначально связаны с речным транспортом, сплавом по рекам, со складированием леса и товаров, защитой и

укреплением берегов от разливов рек и др. В настоящее время набережные в городах, имеющих длительную историю, приобретают и новые функции как рекреационные и культурные пространства.

Набережные – это один из видов общественных пространств, они, как и другие общественные пространства, создают и формируют

**Краткий обзор литературы по теме
исследования**

художественный образ и восприятие города.

Элементами современных набережных, как правило, являются: прогулочные дорожки, велосипедные дорожки, сцена или площадка для проведения культурных мероприятий, площадки для занятий спортом на открытом воздухе, пляж, причал и др. Они представляют собой элементы антропогенного ландшафта.

Природные элементы набережных, такие как деревья, кустарники, склоны берегов, вода и др., естественным образом гармонично включаются в объемно-пространственную композицию набережных.

В организации пространства, как правило, используются следующие архитектурные приемы: ярусность, террасирование, панорамные и видовые точки, и др.

Набережные важны для формирования силуэта города. Важными архитектурными и композиционными доминантами набережных являются речной вокзал и причал.

По мере развития городов возрастает социальная значимость набережных как городских общественных пространств, то есть мест для отдыха, прогулок и общения.

Проблема исследования сформулирована в вопросе о том, какие архитектурные и композиционные приемы способствуют повышению привлекательности набережных в системе комфортной городской среды. При этом необходимо принимать во внимание возможности их круглогодичного использования.

Целью статьи является рассмотрение архитектурных элементов набережных, важных с точки зрения организации пространства для рекреационных и социально значимых функций.

Методы исследования

В статье использованы следующие методы исследования: краткий обзор литературы, изучение и анализ примеров набережных в различных городах. Рассмотрение архитектурно-пространственной организации набережных приведено на примерах набережных в нескольких городах нашей страны.

Научная гипотеза статьи сформулирована следующим образом: необходимо продуманное, гармоничное и сбалансированное использование архитектурных элементов в достижении привлекательности набережных как городских общественных пространств с учетом круглогодичности их использования.

Вопросам исследования общественных городских пространств, включая набережные, посвящены многие научные работы. Например, различные архитектурные характеристики набережных рассмотрены в работах И.В. Клименко [1; 2]. В статьях отмечены принципы современной архитектурно-планировочной организации набережных, рассмотрен как зарубежный, так и отечественный опыт, в частности, отмечены тенденции к многофункциональности и всесезонности использования.

В публикации [3] детально проанализированы возможности функционального зонирования и предметно-пространственной организации набережных, рассмотрены отечественные и зарубежные примеры. В статье [4] проанализированы различные возможности и сценарии использования современных набережных.

В архитектурной организации и дизайне современных общественных пространств используются различные приемы: оздоравливающего ландшафтного дизайна, используются природные материалы, арт-объекты и малые формы, отражающие идентичность места. В связи с этим исследуются различные вопросы.

Необходимо отметить, что одним из существующих подходов к исследованию архитектуры является средовой подход, учитывающий существующую природную среду и контекст сложившейся городской застройки, как можно прочесть в работе В.В. Шилина [5]. Многоаспектность и различные направления средового проектирования отмечены во многих исследованиях, например, в публикации А.В. Тарченко [6].

Различные вопросы, связанные с восприятием и психологией в архитектуре, рассмотрены во многих научных работах. Так, например, отмечают, что визуальные субъективные эмоциональные оценки среды складываются с учетом индивидуального восприятия, опыта. Также есть и более общие, объективные характеристики среды.

Результаты

Подходы к организации пространства современных набережных и используемые архитектурные средства кратко представлены в табл. 1.

Таблица 1. Архитектурные подходы к организации пространства набережных

Подходы к организации пространства набережных	Архитектурные и композиционные средства организации набережных		Возможные виды занятий и функции на набережных
Визуальный комфорт, создание комфортной среды	Ярусность, террасирование, организация рельефа набережной		<ul style="list-style-type: none"> · Прогулочные и велосипедные дорожки · Лестница-амфитеатр как элемент организации рельефа набережной · Организация ярусного озеленения и благоустройства
Многофункциональность использования пространства	Точки притяжения	Наличие главного композиционного центра	<ul style="list-style-type: none"> · Основная площадка для культурных мероприятий, сцена, амфитеатр и др. · Площадь перед зданием речного вокзала, причал
		Наличие второстепенных и локальных композиционных центров	<ul style="list-style-type: none"> · Площадки для различных культурных мероприятий · Скейтпарки и площадки для подростков · Детские площадки · Спортивные площадки · Площадки для активного отдыха, занятий спортом, танцами и т.д. · Ледовые городки и катки · Площадки для фитодизайна, малые сады, цветники и др.
Создание гармонии в восприятии пространства	Видовые точки и видовые маршруты		<ul style="list-style-type: none"> · Площадки для тихого отдыха и созерцания природы и воды · Видовые и панорамные площадки, беседки и др.
Создание сценариев посещения набережной	Линейная композиция (например, набережная как линейный парк)		<ul style="list-style-type: none"> · Прогулочные и велосипедные дорожки · Аллеи и ландшафтные композиции
Эстетические свойства пространства	Визуальная идентичность и обр-зность		<ul style="list-style-type: none"> · Использование необычных и узнаваемых малых архитектурных форм, отражающих культуру и историю · Продуманное использование материалов и текстур · Подсветка и элементы навигации
Адаптивность использования пространства	Адаптивность рекреационных пространств набережной к климатическим условиям		<ul style="list-style-type: none"> · Возможности для круглогодичного использования набережных (например, отапливаемые павильоны, кафе и др.)

Основываясь на изучении актуальной литературы по теме исследования, в архитектурной организации пространства набережных можно выделить следующие основные подходы: визуальный комфорт, создание комфортной среды, многофункциональность использования пространства, создание гармонии в восприятии пространства, создание сценариев посещения набережной, эстетические свойства пространства и адаптивность использования пространства.

В последнее время уделяется значительное внимание комфортности общественных про-

странств, что в полной мере относится и к современным городским набережным, которые являются местом для досуга, занятий спортом, велосипедных и пешеходных прогулок.

В современной практике используются разнообразные архитектурные средства, направленные на создание привлекательных и комфортных пространств, что актуально при реконструкции, реновации и эксплуатации набережных.

Как представляется, наиболее значимые архитектурные приемы в организации набережных представлены в табл. 2.

Таблица 2. Архитектурные приемы в организации набережных

	Форма, ландшафт и рельеф	Пропорции, масштабность элементов	Колористическое решение, текстура поверхностей	Архитектурная подсветка, навигация	Малые архитектурные формы (МАФ)
Эстетические и визуальные качества пространства	Воздействие рельефа на восприятие – выразительный рельеф имеет эстетические качества. Геопластика и ландшафтный дизайн	Влияние видов обработки объемов и плоскостей на восприятие. Соотношение светлых и темных элементов, массы, фактуры материала. Использование деталей, сомасштабных человеку	Цвет может обладать различными психофизиологическими и эстетическими свойствами	Повышение эстетических качеств пространства	Использование необычных и узнаваемых МАФ, отражающих культуру и историю
Комфортность и безопасность	Организация комфортной и безопасной среды	Организация комфортной и безопасной среды	Использование различных фактур поверхностей, тактильной плитки для безопасного движения	Организация комфортной и безопасной среды, подсветка в темное время суток	Создание безопасной и безбарьерной среды (например, пандусы и т.д.)
Создание сценариев	Ландшафтный дизайн (малые сады, лабиринты, тематические сады)	Использование ритмо-метрических композиционных приемов	Цвет используется для обозначения направления движения	Создание сценариев посещения набережной при помощи элементов навигации	Визуальные ориентиры и ландшафтные акценты композиции – использование МАФ

Архитектурные приемы условно можно разделить на три группы:

- 1) для достижения эстетических и визуальных качеств пространства, отражающих культуру и историю;
- 2) для создания комфортности и безопасности;
- 3) для создания сценариев посещения набережных.

Далее рассмотрим направление средовой психологии в архитектуре, которое включает следующие основные составляющие:

- поведение человека в пространстве;
- эмоциональные отношения между человеком и средой;
- влияние пространственной среды на поведение и психику человека;
- социально-антропологические и феноменологические представления пространства.

В средовой психологии в архитектуре значимыми факторами становятся образ и «дух места», акцентируются вопросы, связанные с индивидуальным восприятием пространства, например, персонализация среды, приватность, персональное пространство и др.

Важной стороной средовой психологии в архитектуре является рассмотрение пространственной среды с позиций ее способности оказывать положительный эмоциональный отклик на человека, улучшать его самочувствие и вызывать ощущение принадлежности к определенному месту или городу.

Примеры организации набережных в городах

Набережные по-своему важны для каждого города, они являются визитной карточкой города. Рассмотрим несколько примеров (фотографии сделаны автором).

Набережная в г. Екатеринбурге (набережная р. Исеть)

Виды набережной показаны на рис. 1. На набережной расположено множество необычных и значимых малых архитектурных форм и арт-объектов. Так, например, ротонды на Плотинке – две бронзовые беседки, установленные на набережной.

Набережная реки Исеть является популярным местом прогулок для местных жителей и

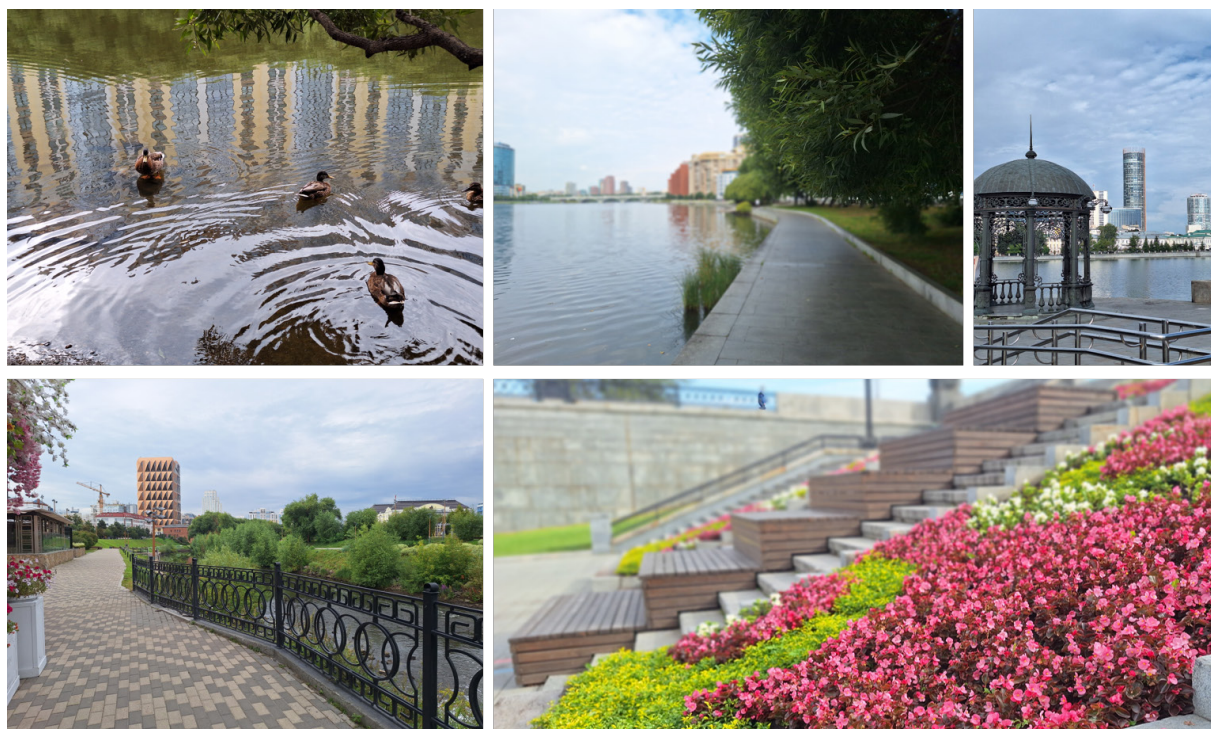


Рис. 1. Набережная в г. Екатеринбурге



Рис. 2. Виды набережной р. Оби в г. Новосибирске

гостей города Екатеринбурга.

***Набережная в г. Новосибирске
(Михайловская набережная)***

Набережная вдоль правого берега реки Обь расположена между речным вокзалом и парком «Городское начало».

Пространство набережной имеет несколько ярусов – нижний и средний променады, внутренние аллеи. С набережной открываются красивые виды на мосты и левобережную часть города. На набережной находятся велодорожки, прогулочные дорожки (рис. 2).



Рис. 3. Набережная в г. Нижнем Новгороде (Нижне-Волжская набережная)

Зимой набережная становится местом для проведения Новогодних праздников для горожан и гостей города. Так, на набережной устраивается Ледовый городок, ее украшают различные Новогодние атрибуты, вдоль набережной устраивается каток. Летом проводятся концерты, культурные мероприятия и фестивали.

Набережная в г. Нижнем Новгороде (Нижне-Волжская набережная)

Нижне-Волжская набережная – набережная в историческом центре Нижнего Новгорода. С набережной и ее смотровых площадок открываются живописные виды на реку Волгу. На набережной расположена Чкаловская лестница и другие достопримечательности (рис. 3).

Приведенные примеры показывают своеобразие и уникальность пространства набережных, и в то же время можно видеть, что современные подходы к организации пространства набережных, способствующие повышению привлекательности набережных в системе комфортной городской среды, используются и актуальны для каждой набережной. Так, например, можно отметить тенденции к круглогодичности использования, наличие разнообразных рекреационных функций и многофункциональность пространств, возможности различных сценариев

досуга и отдыха, активный и пассивный отдых.

Заключение

Архитектурная организация пространства набережных в городах важна благодаря многим факторам: набережные во многих городах являются визитной карточкой города, посещаются жителями города и гостями города, набережные формируют образ города, набережные как общественные пространства создают комфортную среду города, пространство набережных может оказывать положительные эмоции на человека с точки зрения средовой психологии в архитектуре, набережные используются для отдыха, прогулок, как рекреационные пространства.

Представлена научная гипотеза о том, что необходимо комплексное, гармоничное и сбалансированное использование архитектурных приемов в достижении привлекательности набережных как городских общественных пространств с учетом круглогодичности их использования.

С учетом актуальной литературы по теме в статье рассмотрены следующие подходы к организации общественных и пешеходных пространств набережных: визуальный комфорт,

создание комфортной среды, многофункциональность использования пространства, создание гармонии в восприятии пространства, создание сценариев посещения набережной, эстетические свойства пространства и адаптивность использования пространства. Архитектурные приемы предлагается условно разделить на три группы:

1) для достижения эстетических и визуальных качеств пространства, отражающих

культуру и историю;

2) для создания комфортности и безопасности;

3) для создания сценариев посещения набережных.

В статье рассмотрены некоторые примеры: городские набережные в Екатеринбурге, Новосибирске и Нижнем Новгороде.

Представляется актуальным дальнейшее изучение этой темы.

Литература

1. Клименко, И.В. Исторические и современные особенности архитектурно-планировочной организации набережных / И.В. Клименко // Современное строительство и архитектура. – 2024. – № 10(53). – С. 1–5.

2. Клименко, И.В. Принципы развития прибрежных территорий с организацией общественных пространств в крупных городах России (на примере Санкт-Петербурга) / И.В. Клименко // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2022. – № 1. – С. 126–129.

3. Подпорина, П.С. Анализ современных подходов к функциональному зонированию набережных и их предметно-пространственному наполнению / П.С. Подпорина, О.О. Смолина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – Т. 26. – № 3. – С. 47–62.

4. Гришагина, А.С. Многосценарная модель набережной в развитии прибрежных территорий на примере Казани / А.С. Гришагина, М.А. Соколова // Universum: технические науки. – 2025. – Т. 4. – № 11(140). – С. 30–36.

5. Шилин, В.В. Архитектура и психология. Краткий конспект лекций / В.В. Шилин. – Н. Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. – 66 с.

6. Татарченко, А.В. Средовой подход в архитектуре: от теории к реализации / А.В. Татарченко // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – С. 115–119.

References

1. Klimenko, I.V. Istoricheskie i sovremennye osobennosti arkhitekturno-planirovochnoj organizatsii naberezhnykh / I.V. Klimenko // Sovremennoe stroitelstvo i arkhitektura. – 2024. – № 10(53). – S. 1–5.

2. Klimenko, I.V. Printsipy razvitiya pribrezhnykh territorij s organizatsiej obshchestvennykh prostranstv v krupnykh gorodakh Rossii (na primere Sankt-Peterburga) / I.V. Klimenko // Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie. – 2022. – № 1. – S. 126–129.

3. Podporina, P.S. Analiz sovremennykh podkhodov k funktsionalnomu zonirovaniyu naberezhnykh i ikh predmetno-prostranstvennomu napolneniyu / P.S. Podporina, O.O. Smolina // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2024. – T. 26. – № 3. – S. 47–62.

4. Grishagina, A.S. Mnogostsenarnaya model naberezhnoj v razvitii pribrezhnykh territorij na primere Kazani / A.S. Grishagina, M.A. Sokolova // Universum: tekhnicheskie nauki. – 2025. – T. 4. – № 11(140). – S. 30–36.

5. SHilin, V.V. Arkhitektura i psikhologiya. Kratkij konspekt leksij / V.V. SHilin. – N. Novgorod : Nizhegorod. gos. arkhit.-stroit. un.t, 2011. – 66 s.

6. Tatarchenko, A.V. Sredovoj podkhod v arkhitekture: ot teorii k realizatsii / A.V. Tatarchenko // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2018. – № 9. – S. 115–119.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТРОЙСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА

М.Х. АБАС, П.П. ОЛЕЙНИК

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: высотные здания; строительный контроль; инженерные системы; монтажные работы; контроль качества.

Аннотация: Строительство и функционирование высотных зданий представляют собой сложный многоэтапный процесс, в рамках которого формирование инженерных систем определяется совокупностью организационных, технических, технологических и управленческих факторов. Рациональное устройство инженерных систем во многом зависит от условий, формирующихся на различных этапах жизненного цикла объекта – от предпроектной подготовки до стадии эксплуатации.

Целью исследования являются выявление и систематизация факторов, оказывающих влияние на устройство инженерных систем высотных зданий на различных этапах их жизненного цикла, а также определение степени их значимости и характера воздействия.

Научно-техническая гипотеза исследования состоит в том, что повышение эффективности и надежности инженерных систем может быть обеспечено при условии своевременной идентификации негативных факторов, возникающих на каждом этапе жизненного цикла, их комплексной оценки и разработки упреждающих организационно-технических мероприятий.

Исследование основано на системном подходе, предполагающем ранний анализ и последовательное регулирование факторов, оказывающих влияние на устройство инженерных систем, что позволяет обеспечить их рациональное формирование и устойчивое функционирование в условиях высотного строительства.

Введение

Высотное здание представляет собой сложный и неповторимый объект, проектируемый с учетом актуальных потребностей общества и предназначенный для выполнения множества функций. При этом такие здания должны отвечать не только требованиям функциональности, но и соответствовать стандартам в области инженерных и конструктивных решений [1].

Компактное размещение множества инженерных коммуникаций требует разработки новых методов планировки и детализированного контроля за их интеграцией в структуру здания [2]. Безусловное соблюдение норм и требований проектной документации должно стать ос-

новным приоритетом для организаций, занимающихся монтажом [3].

В рамках настоящего исследования для проведения комплексной оценки влияния факторов на рациональное устройство инженерных систем был осуществлен отбор исключительно негативных факторов, характеризующихся способностью оказывать неблагоприятное воздействие на сроки, качество и координацию процессов на всех этапах жизненного цикла объекта.

Такой подход обусловлен необходимостью сосредоточить внимание на критических источниках риска, которые могут привести к отклонениям от проектных решений, нарушению графиков строительства, возникновению колли-

зий между подрядными организациями и снижению эксплуатационной надежности инженерных систем.

Материалы и методы

В качестве материалов для подготовки исследования использовались труды российских и зарубежных авторов, посвященные вопросам формирования и функционирования инженерных систем высотных зданий.

Методы исследования включали метод экспертных оценок, применение положений закона нормального распределения, а также методы системного анализа.

Для обработки и интерпретации результатов экспертного опроса был использован коэффициент конкордации Кэнделла, позволяющий количественно оценить степень согласованности мнений экспертов [3].

Результаты исследования

Для количественной оценки влияния факторов на рациональное устройство инженерных систем высотных зданий применен метод экспертных оценок [4], позволяющий определить их относительную значимость на различных этапах жизненного цикла объекта строительства. Данный подход обеспечивает формирование обоснованных весовых коэффициентов, отражающих вклад каждого фактора.

Для определения статистически значимых факторов применен метод нормального распределения весов. Использование данного метода позволило обоснованно выделить факторы, оказывающие наибольшее влияние на рациональное устройство инженерных систем, при обеспечении статистической достоверности отбора.

В результате проведенного анализа [5–10] сформирован перечень из 35 факторов, распределенных по этапам жизненного цикла высотного здания: предпроектная подготовка, проектная подготовка, подготовительный этап строительства, основной этап строительства, этап проведения пусконаладочных работ и этап ввода объекта в эксплуатацию.

Перечень наиболее значимых факторов по этапам жизненного цикла представлен ниже.

На этапе предпроектной подготовки ключевыми факторами являются:

- недостаточная точность данных о су-

ществующих сетях, включая планы и схемы трассировки, отметки глубины заложения и диаметров трубопроводов и кабелей, фактическое местоположение колодцев, камер и узлов, а также фактическую пропускную способность сетей;

- длительные сроки выдачи технических условий (ТУ), включающих допустимые нагрузки и требования к проектным решениям.

На этапе проектной подготовки ключевые факторы следующие:

- неполное отражение требований к инженерным системам в техническом задании на проектирование;

- частые корректировки технического задания на проектирование инженерных систем;

- ошибки в расчетах проектных нагрузок инженерных систем, включая отопление, водоснабжение и вентиляцию;

- несоответствие проектных решений инженерных систем выданным техническим условиям;

- некорректная форма представления проектных решений инженерных систем (неполные схемы, спецификации, пояснения);

- отсутствие согласованности между проектировщиками при работе в BIM-среде;

- дефицит подрядных организаций, специализирующихся на устройстве инженерных систем;

- ошибки в увязке календарных графиков строительно-монтажных работ с монтажом инженерных систем;

- задержка в подписании договоров на выполнение работ по инженерным системам.

На основном этапе строительства к ключевым факторам относятся:

- увеличение количества материалов и оборудования по инженерным системам на стадии разработки рабочей документации (РД);

- задержка утверждения рабочей документации;

- отсутствие входного контроля полученной рабочей документации до начала работ;

- коллизии при увязке работ по инженерным системам с общестроительными процессами;

- дефицит трудовых ресурсов для монтажа инженерных систем;

- задержки критического оборудования и материалов, включая холодильные машины, вентиляционное оборудование и насосы, особенно импортного производства;

– задержки в предоставлении необходимой информации подрядчикам в ходе строительства;

– изменения спецификаций материалов в процессе строительства (тип, марка);

– недостаточная координация между субподрядными организациями, выполняющими различные инженерные системы, что приводит к конфликтам трасс и задержкам;

– низкая квалификация рабочих, выполняющих монтаж инженерных систем, что приводит к низкому качеству выполненных работ, включая дефекты стыков и изоляции, повторные предъявления;

– применение материалов без подтвержденных сертификатов соответствия;

– задержка в проверке и утверждении выполненных работ, включая проверку исполнительной документации;

– неполное предъявление смонтированных узлов систем отопления и теплоснабжения при первичной приемке, что приводит к необходимости повторной проверки техническим надзором.

На этапе проведения пусконаладочных работ (ПНР) к ключевым факторам относятся:

– несвоевременное завершение монтажных работ, препятствующее началу ПНР;

– неисправности установленного оборудования, выявленные на этапе ПНР;

– несвоевременное утверждение инструкций, программ и методик испытаний инженерных систем;

– несвоевременный контроль устранения дефектов монтажа, выявленных при опробовании систем;

– ошибки при настройке инженерных систем, требующие повторных ПНР;

– дополнительные работы по ПНР механических систем в связи с увеличением количества материалов и оборудования на стадии РД.

На этапе ввода в эксплуатацию к ключевым факторам относятся:

– отсутствие регламентов взаимодействия между подрядчиками при передаче инженерных систем в эксплуатацию;

– задержки в устранении замечаний по результатам приемки сложного технологического оборудования, включая центр холодоснабжения и ЦТП;

– неэффективная организация работы рабочей и приемочной комиссий при сдаче объекта;

– несоблюдение графика передачи инженерных систем в эксплуатацию.

Заключение

В данной статье проведен анализ ключевых факторов, влияющих на устройство инженерных систем высотных зданий. В дальнейшем планируется более глубокое изучение взаимосвязей этих факторов на каждом этапе реализации проекта. Существенным направлением является разработка методики управления факторами, что позволит создать эффективную систему контроля качества. Внедрение такой системы способствовало бы повышению конкурентоспособности строительных организаций и обеспечению высокого уровня качества при устройстве инженерных систем в высотных зданиях.

Примененный системный подход обеспечивает комплексное понимание потенциальных угроз на всех этапах жизненного цикла объектов и служит основой для построения модели приоритизации негативных факторов. Это позволяет планировать превентивные меры, оптимально распределять ресурсы и координировать взаимодействие участников строительства, повышая надежность и эксплуатационную эффективность инженерных систем высотных зданий.

Литература

1. Ляшенко, Е.К. Факторы, влияющие на формирование объемно-планировочных решений энергоэффективных высотных офисных зданий / Е.К. Ляшенко // Архитектура и современные инновационные технологии. – 2013. – № 3(24). – С. 10.

2. Крюков, К.М. Особенности проблематики качества проектирования и строительства высотных зданий / К.М. Крюков, М. Аль-Тулаихи // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 3(63). – С. 21.

3. Олейник, П.П. Организация строительного производства / П.П. Олейник. – М. : АСВ, 2010. – 572 с.

4. Коновалова, Е.А. Экспертная оценка качества продукции методом ранжирования / Е.А. Ко-

новалова, Т.М. Щербакова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 8-3(19-3). – С. 297–299.

5. Олейник, П.П. Основные факторы, влияющие на качество работ при монтаже инженерных систем высотных зданий / П.П. Олейник, М.Х. Абас // Строительное производство. – 2023. – № 4. – С. 21–25.

6. Назарова, К.А. Особенности формирования факторов технических рисков, возникающих при строительстве многоэтажных зданий / К.А. Назарова, А.А. Лapidус // Вестник евразийской науки. – 2021. – Т. 13. – № 3.

7. Топчий, Д.В. Актуальные направления совершенствования строительного контроля при реализации объектов капитального строительства, реконструкции и перепрофилирования / Д.В. Топчий, А.Ю. Юргайтис, Д.Д. Зуева, Е.С. Бабушкин // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 12(111). – С. 20–29.

8. Tran Tuan Kiet. Proposing Solutions to Reduce Factors Affecting the Delay of Construction Phase in High-Rise Building Projects / Tran Tuan Kiet, Truong Cong Thuan, Tran This Khan // Journal of Technology & Innovation. – 2022. – Vol. 2(2). – P. 34–36.

9. Голотина, Ю.Г. Контроль качества в строительной сфере / Ю.Г. Голотина, М.Г. Ковтуненко // Проблемы и вопросы современной науки: Рецензируемый сборник научных трудов, 2019. – С. 20–24.

10. Поляк, П.П. Деятельность генподрядчика в структуре информационной модели: опыт строительного холдинга ГВСУ «Центр» / П.П. Поляк // Жилищное строительство. – 2018. – № 10. – С. 10–13.

References

1. Lyashenko, E.K. Faktory, vliyayushchie na formirovaniye obemno-planirovochnykh reshenij energoeffektivnykh vysotnykh ofisnykh zdaniy / E.K. Lyashenko // Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii. – 2013. – № 3(24). – S. 10.

2. Kryukov, K.M. Osobennosti problematiki kachestva proektirovaniya i stroitelstva vysotnykh zdaniy / K.M. Kryukov, M. Al-Tulaikhi // Inzhenernij vestnik Dona. – 2020. – № 3(63). – S. 21.

3. Olejnik, P.P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva / P.P. Olejnik. – M. : ASV, 2010. – 572 s.

4. Konovalova, E.A. Ekspertnaya otsenka kachestva produktsii metodom ranzhirovaniya / E.A. Konovalova, T.M. SHCHerbakova // Aktualnye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. – 2015. – Т. 3. – № 8-3(19-3). – S. 297–299.

5. Olejnik, P.P. Osnovnye faktory, vliyayushchie na kachestvo rabot pri montazhe inzhenernykh sistem vysotnykh zdaniy / P.P. Olejnik, M.KH. Abas // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2023. – № 4. – S. 21–25.

6. Nazarova, K.A. Osobennosti formirovaniya faktorov tekhnicheskikh riskov, vznikayushchikh pri stroitelstve mnogoetazhnykh zdaniy / K.A. Nazarova, A.A. Lapidus // Vestnik evrazijskoj nauki. – 2021. – Т. 13. – № 3.

7. Topchij, D.V. Aktualnye napravleniya sovershenstvovaniya stroitel'nogo kontrolya pri realizatsii obektov kapital'nogo stroitelstva, rekonstruktsii i pereprofilirovaniya / D.V. Topchij, A.YU. YUrgajtis, D.D. Zueva, E.S. Babushkin // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 12(111). – S. 20–29.

8. Tran Tuan Kiet. Proposing Solutions to Reduce Factors Affecting the Delay of Construction Phase in High-Rise Building Projects / Tran Tuan Kiet, Truong Cong Thuan, Tran This Khan // Journal of Technology & Innovation. – 2022. – Vol. 2(2). – P. 34–36.

9. Golotina, YU.G. Kontrol kachestva v stroitel'noj sfere / YU.G. Golotina, M.G. Kovtunenکو // Problemy i voprosy sovremennoj nauki: Retsenziruemij sbornik nauchnykh trudov, 2019. – S. 20–24.

10. Polyak, P.P. Deyatel'nost' genpodryadchika v strukture informatsionnoj modeli: opyt stroitel'nogo kholdinga GVSU «TSentr» / P.P. Polyak // ZHilishchnoe stroitelstvo. – 2018. – № 10. – S. 10–13.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

А.В. СОЛОВЬЕВА, С.С. ФЕДОРОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: цифровая эксплуатация; цифровая информационная модель (ЦИМ); объект капитального строительства; автоматизация; строительство; эксплуатация; информационное моделирование; анализ; BIM-технологии; элементы ЦИМ.

Аннотация: Целью работы является анализ целесообразности применения цифровых информационных моделей при внедрении автоматизированной системы управления и эксплуатации в отечественном программном обеспечении.

Задачи: определение требований к ЦИМ, подлежащей интеграции в автоматизированную систему управления и эксплуатации; установление оптимального объема импорта данных из цифровой информационной модели. *Гипотеза исследования:* возможность использования результатов исследования для расширения практики внедрения автоматизированной системы управления и эксплуатации в отечественном программном обеспечении на базе цифровой информационной модели. *Методы исследования:* комплексный подход, который сочетает в себе теоретический анализ и систематизацию данных. В результате выполнения работы были сформированы выводы об актуальности и преимуществах расширения практики применения ЦИМ при внедрении цифровой эксплуатации.

Введение

Хотя информационное моделирование зданий получило широкое распространение в проектировании и строительстве, его использование для управления жизненным циклом на операционной стадии (цифровая эксплуатация) представляет собой отдельную научно-практическую задачу. Особую проблему формирует ограниченное количество готовых программных решений данного класса, адаптированных под отечественную нормативную базу и разработанных на российских платформах.

Следовательно, использование ТИМ-технологий, в частности информационной модели, созданной на предыдущих стадиях жизненного цикла, представляется не только логичным, но и технически и экономически целесообразным. Данный подход основывается на дефиниции информационной модели объекта капитального строительства как электронного комплекса взаимосвязанных данных, докумен-

тов и материалов, формируемого на всех этапах его жизненного цикла – от изысканий до сноса [1]. Таким образом, эксплуатационная информационная модель является не отдельным артефактом, а закономерным развитием и актуализацией исходных проектных и строительных данных, что закладывает основу для сквозной цифровизации процессов управления объектом.

Улучшение операционной стадии (эксплуатации) объекта является одним из важнейших преимуществ применения технологий информационного моделирования [3; 4].

Актуальность работы

Качественная и корректная интеграция цифровой информационной модели объекта в цифровую эксплуатацию способствует достижению целей утвержденной концепции цифровизации многоквартирных домов на территории Российской Федерации на период до 2030 г. [2] в части увеличения количества и повышения

качества отечественных решений с применением технологий интернета вещей и развитию рынка программного обеспечения и телекоммуникационного оборудования в сфере цифровизации.

Стандартизация структуры и состава атрибутов информационной модели снижает операционные издержки при развертывании платформы автоматизированной системы управления и эксплуатации за счет устранения необходимости ручной доработки данных и предотвращения коллизий, вызванных отсутствием требуемых атрибутов и разными наименованиями одного оборудования.

Материалы и методы

Изложенное в настоящей статье исследование выполнено с применением комплексного подхода, который сочетает в себе теоретический анализ и систематизацию данных. Настоящее исследование носит аналитический характер и направлено на выработку последовательности действий при интеграции цифровой информационной модели объекта в цифровую эксплуатацию. Объектом исследования выступает бизнес-процесс внедрения цифровой эксплуатации. Предметом исследования являются методы и технические средства внедрения цифровой эксплуатации.

При написании статьи были использованы следующие методы.

1. Обзор научных статей о применении технологий информационного моделирования. Целью анализа был отбор, сравнение и обобщение данных о возможностях информационного моделирования.

2. Анализ нормативно-правовой базы, регулирующей области эксплуатации и технологий информационного моделирования.

3. Анализ лучших практик. В данной статье упоминаются лучшие практики по цифровизации, в том числе практика внедрения цифровой эксплуатации на федеральном проекте «Создание сети современных кампусов». В результате формируется оптимальная последовательность действий при внедрении цифровой эксплуатации с применением технологий информационного моделирования.

4. Систематизация и выводы. В работе сформулированы выводы о целесообразности применения технологий информационного моделирования при внедрении цифровой эксплуа-

тации.

Результаты исследования

Исходя из назначения автоматизированной системы управления и эксплуатации, можно сформулировать цели применения технологий информационного моделирования, а соответственно интеграции цифровой информационной модели в цифровую эксплуатацию:

- формирование единой интегрированной информационной среды, обеспечивающей автоматизированную поддержку организационно-технологических процессов деятельности заказчика, его подведомственных и подрядных организаций;

- улучшение целевого технического состояния и эксплуатационных характеристик объекта недвижимости;

- оперативное получение достоверных сведений технического и иного характера по объектам недвижимости.

Система автоматизированной системы управления и эксплуатации использует дисциплинарные цифровые информационные модели для выполнения следующих функциональных задач:

- просмотр цифрового двойника в карточке здания с возможностью работы со слоями, масштабированием, сечениями и другими инструментами;

- отображение и фокусировка в модели места возникновения заявки, инцидента, рабочего задания или выявленного замечания;

- импорт данных по объекту для формирования базы данных оборудования, инженерных систем и местоположений (помещений).

Исходя из задач цифровой эксплуатации, решаемых импортом ЦИМ, можно сделать вывод о целесообразности импорта следующих данных:

- этажи ЦИМ раздела «Архитектурные решения»;

- помещения ЦИМ раздела «Архитектурные решения»;

- инженерное оборудование с пространственной привязкой к помещениям и этажам, с полным набором требуемой атрибутивной информации;

- инженерные системы по принятой маркировке в проектных решениях.

По практическому опыту внедрения автоматизированной системы управления и эксплуа-

атации с применением технологий информационного моделирования на кампусах мирового уровня сформирована следующая последовательность действий.

1. Входной контроль ЦИМ (координация и структура модели, требования к архитектурным и инженерным элементам).

2. Импорт ЦИМ раздела «Архитектурные решения» и «Инженерное оборудование и сети» в систему цифровой эксплуатации с привязкой к зданию.

3. Интеграция данных из ЦИМ в систему цифровой эксплуатации с дополнительной настройкой соответствий между группами данных параметров.

4. Анализ полноты интегрированных данных на основании сведений из реестров элементов.

На этапе анализа полноты интегрированных данных необходимо произвести следующие проверки:

– объем интегрированных этажей и помещений (сопоставление количества согласно реестру помещений);

– заполнение параметров номера, наименования и площади помещений;

– объем интегрированных инженерных систем (сопоставление количества и маркировки согласно реестру систем);

– объем интегрированного оборудования (сопоставление количества согласно реестру оборудования);

– заполнение параметров наименования, производителя и модели оборудования (сопо-

ставление реестру оборудования);

– привязка оборудования к инженерным системам (сопоставление реестру оборудования);

– привязка оборудования к пространственному положению в здании (сопоставление реестру оборудования);

– назначение внутреннего классификатора для интегрируемого оборудования.

Интеграция данных из цифровой информационной модели позволяет формировать дерево оборудования и реестр инженерных систем в автоматизированном режиме, тогда как внедрение цифровой эксплуатации без цифровой информационной модели предполагает ручное формирование соответствующих реестров.

Выводы

На основе проведенного исследования можно заключить, что дальнейшее расширение практики применения цифровых информационных моделей при внедрении цифровой эксплуатации позволит:

– сократить трудовые ресурсы при интеграции и внедрении цифровой эксплуатации;

– формировать нормализованные справочники для дальнейшей работы с базами данных оборудования, инженерных систем и местоположений (помещений) автоматизированной системы управления и эксплуатацией;

– накапливать эксплуатационные данные для обучения моделей искусственного интеллекта.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 29.12.2025) // ПСС «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kodeks.mgsu.ru:8090/docs>.

2. Распоряжение правительства Российской Федерации № 1970-р от 24.06.2025 «Об утверждении Концепции цифровизации многоквартирных домов на территории Российской Федерации на период до 2030 года».

3. Филп, Д. BIM – 7 шагов к совершенству / Д. Филп // Информационно-аналитический журнал РУБЕЖ. – 2019. – № 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru-bezh.ru/intervyu/27615-devid-filp-bim-7-shagov-k-sovershenstvu>.

4. Шемякина, Т.Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития / Т.Ю. Шемякина // Вестник университета. – 2020. – № 7. – С. 89–95.

5. Казаков, С.Д. Частотный анализ проектной цифровой информационной модели учебного корпуса / С.Д. Казаков, С.С. Федоров, Д.А. Корнев, Р.А. Гагиатуллина // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4\(94\)2024-main.pdf](https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4(94)2024-main.pdf).

References

1. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ (red. ot 29.12.2025) // PSS «Tekhekspert» [Electronic resource]. – Access mode : <http://kodeks.mgsu.ru:8090/docs>.
 2. Rasporyazhenie pravitel'stva Rossijskoj Federatsii № 1970-r ot 24.06.2025 «Ob utverzhenii Kontseptsii tsifrovizatsii mnogokvartirnykh domov na territorii Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda».
 3. Filp, D. BIM – 7 shagov k sovershenstvu / D. Filp // Informatsionno-analiticheskij zhurnal RUBEZH. – 2019. – № 7 [Electronic resource]. – Access mode : <https://ru-bezh.ru/intervyu/27615-devid-filp-bim-7-shagov-k-sovershenstvu>.
 4. SHemyakina, T.YU. Informatsionnoe modelirovanie stroitel'nykh obektov: osobennosti primeneniya i razvitiya / T.YU. SHemyakina // Vestnik universiteta. – 2020. – № 7. – S. 89–95.
 5. Kazakov, S.D. CHastotnij analiz proektnoj tsifrovoj informatsionnoj modeli uchebnogo korpusa / S.D. Kazakov, S.S. Fedorov, D.A. Kornev, R.A. Gatiatullina // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94) [Electronic resource]. – Access mode : [https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4\(94\)2024-main.pdf](https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4(94)2024-main.pdf).
-

© А.В. Соловьева, С.С. Федоров, 2026

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ НА БАЗЕ НОВОСИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е.О. ЧЕРЕПАНОВА, С.С. ФЕДОРОВ, К.А. АКТАШЕВ

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва*

Ключевые слова и фразы: система управления эксплуатацией; цифровая информационная модель; государственные информационные системы; технологии информационного моделирования; информационно-аналитическая система; объект капитального строительства; автоматизация.

Аннотация: Целью работы является создание концепции комплексного автоматизированного решения управления эксплуатацией кампуса Новосибирского государственного университета. Задачи: создание целевой архитектуры и определение эффективных процессов на базе кампуса Новосибирского государственного университета. Гипотеза исследования: возможность использовать результаты исследования в целях масштабирования лучших практик на объекты Минобрнауки РФ. Методы исследования: анализ, сбор и систематизация данных. Достигнутые результаты: выработка оптимального комплексного решения по обслуживанию инженерно-технической инфраструктуры многофункционального кампуса.

Введение

Создание по всей стране сети современных высокотехнологичных кампусов – это масштабная задача стратегического уровня, поставленная лично Президентом России. Одна из ключевых целей – создание сети высокотехнологичных новых университетских кампусов к 2030 г. с учетом соответствия выработанных требований, описанных в «Стандарте инновационной образовательной среды (кампусы)» [3].

Одним из пилотных объектов стал кампус ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ). На данном объекте апробируется решение по внедрению цифровой эксплуатации на объекте с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ).

Актуальность

Для развития университетских кампусов

важно разнообразие инфраструктуры и ее открытость внешней среде. При этом существующие здания российских вузов построены преимущественно по устаревшим технологиям, без ресурсосберегающей идеологии, что влечет за собой большие эксплуатационные издержки. Переход к управлению кампусом на основе технологий информационного моделирования должно начаться на стадии строительства новых объектов капитального строительства кампуса и стать частью инвестиционной стратегии вуза с потенциальной отдачей в будущем.

При этом речь идет не столько о привычной диспетчеризации, сколько о комплексном обслуживании всех элементов инженерно-технической инфраструктуры и имущественного комплекса в целом, а значит об удобных современных инструментах эксплуатации, в привязке к комплексу решений «Умного кампуса» на базе информационных систем и сервисов вуза, а также контуру ГИС, необходимых сегодня в деятельности всех государственных заказчиков на

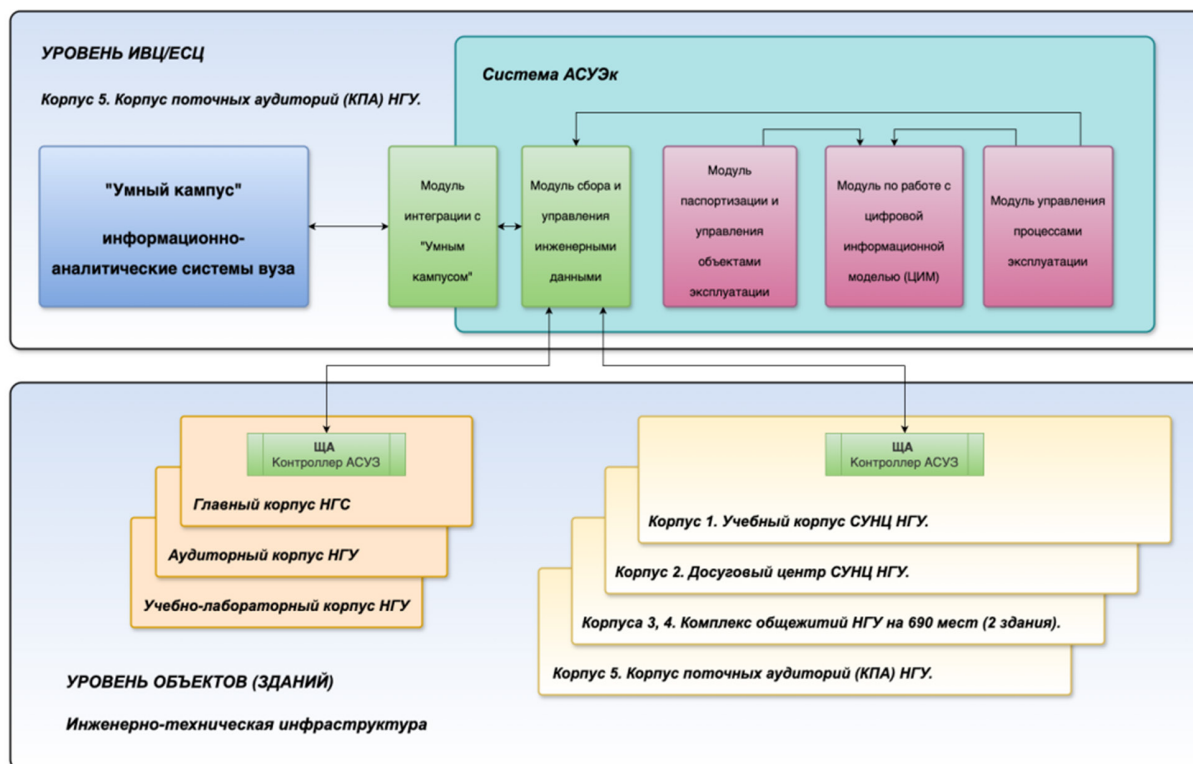


Рис. 1. Общая функциональная схема реализации АСУЭк на кампусе НГУ

разных уровнях.

Материалы и методы

Исследование базируется на комплексном подходе, сочетающем в себе методологические правила и анализ технических особенностей кампуса НГУ. Проект предполагает создание единого центра управления и централизованной платформы, которая обеспечит интеграцию критически важных объектов кампуса с крайне разнородным уровнем технологической готовности. В единый контур будут включены как объекты на этапе строительства, так и существующие здания – от исторических корпусов с неавтоматизированными инженерными системами до современных сооружений с частично цифровизированными сетями.

Концепция разработана и отображена на схеме на рис. 1.

Результаты исследования

«Стандарт инновационной образовательной среды (кампусы)» задает ключевые векторы цифровизации, среди которых – создание

интеллектуальной системы эксплуатации. Ее ядром должен стать Единый ситуационный центр, обеспечивающий сбор и консолидацию данных со всех ключевых систем: от инженерных сетей и систем безопасности до цифровой инфраструктуры. Управление этими активами должно осуществляться на основе цифровых информационных моделей (ЦИМ), что обеспечивает наглядность и эффективность. Критически важным требованием является обеспечение интероперабельности – двустороннего взаимодействия данной системы с другими сервисами вуза (расписание, СКУД, бронирование) для создания целостной цифровой экосистемы кампуса [1].

Архитектура системы должна строиться на открытых международных стандартах и протоколах, обеспечивая унификацию всех ключевых компонентов – от схем подключения к оборудованию и параметров измерений до протоколов обмена данными и элементов пользовательского интерфейса, а также обеспечивать типовое решение в части схемы подключений к устройствам инженерно-технической инфраструктуры, параметров измерений датчиками, схем монтажа щитов, датчиков, протоколов ин-

Величина	Эффект
до 100%	добиться эффективности выполнения задач по заявкам
до 80%	совокупное снижение затрат на эксплуатацию инженерно-технической инфраструктуры объекта, подключенного к АСУЭк
до 65%	снизить объем потерь в сети и увеличить полезный отпуск ресурсов, обнаружить самовольное присоединение к сетям энерго- и водоснабжения и другого неучтенного потребления
до 60%	повысить производительность труда служб эксплуатации, до 10 раз сократить сроки реагирования и устранения неисправностей
до 45%	снизить ФОТ при создании высококвалифицированных рабочих мест и повысить компетенции производственного персонала
до 25%	повысить эффективность оборудования инженерно-технических систем, за счет сокращения затрат на энергоресурсы за счет выявления неоптимальных режимов работы оборудования, выявления отклонений параметров от заданных режимов
до 4%	снизить стоимость ремонтов
до 3%	снижение аварийности и повторных повреждений
до 2%	сократить коммерческие и технологические потери

Рис. 2. Эффекты внедрения комплексного решения на кампусе НГУ

формационного взаимодействия с цифровыми системами и сервисами кампуса, графических интерфейсов.

На основании стратегии РФ по импортозамещению использование ПО и оборудования иностранного производства в автоматизированной системе управления эксплуатацией возможно при условии отсутствия российских аналогов.

Функциональная структура автоматизированной системы управления эксплуатацией охватывает следующие ключевые функции [2]:

- управления имуществом комплексом;
- эксплуатационный менеджмент инженерных систем, который обеспечивает планирование, контроль и диспетчеризацию процессов технического обслуживания инженерно-технической инфраструктуры;
- использование ЦИМ здания в качестве единого (основного) источника достоверных данных;
- управление сервисными заявками, которое автоматизирует полный цикл обработки заявок от пользователей на обслуживание и ремонт;
- управление ТОиР, МТО, работами, ресурсами, контрагентами;
- сбор и агрегация телеметрических дан-

ных, которые обеспечивают централизованный сбор и первичную обработку данных с датчиков и контроллеров инженерных систем;

- динамическое управление инженерными системами, предусматривающее прямое управление оборудованием, в том числе по событиям и запросам от интегрированных цифровых сервисов кампуса;
- управление событиями, мониторинга неисправностей;
- энергоменеджмент, ресурсный менеджмент и отчетность.

Выводы

Внедрение АСУЭк положительно влияет на инфраструктуру кампуса и помогает получить нижеследующие эффекты от внедрения.

Для реализации проекта выбран отечественный программный продукт – платформа «Экспло-ИТ».

Ее использование регламентировано и поддерживается на государственном уровне: платформа признана особо значимым проектом в области импортозамещения и зарегистрирована в Едином реестре российских программ Минцифры РФ, что подтверждает ее статус как рекомендованного решения для государственных информационных систем.

Литература

1. Баженов, В.К. К вопросу создания сводной информационной модели объекта капитального строительства / В.К. Баженов, М.А. Червонцева // Вестник МИТУ-МАСИ. – 2022. – № 1. – С. 19–22.
2. Городнова, Н.В. Применение BIM-технологий в цифровой экономике: мировой опыт и российская практика / Н.В. Городнова, В.А. Лемеза // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12. – № 8. – С. 2241–2260.
3. Стандарт инновационной образовательной среды (кампусов), утвержденный 12 декабря 2024 г. министром науки и высшего образования Российской Федерации В.Н. Фальковым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://прокампус.рф>.
4. Казаков, С.Д. Частотный анализ проектной цифровой информационной модели учебного корпуса / С.Д. Казаков, С.С. Федоров, Д.А. Корнев, Р.А. Гатиатуллина // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4\(94\)2024-main.pdf](https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4(94)2024-main.pdf).

References

1. Bazhenov, V.K. K voprosu sozdaniya svodnoj informatsionnoj modeli obekta kapitalnogo stroitelstva / V.K. Bazhenov, M.A. Chervontseva // Vestnik MITU-MASI. – 2022. – № 1. – S. 19–22.
2. Gorodnova, N.V. Primenenie BIM-tehnologij v tsifrovoj ekonomike: mirovoj opyt i rossijskaya praktika / N.V. Gorodnova, V.A. Lemeza // Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo. – 2022. – T. 12. – № 8. – S. 2241–2260.
3. Standart innovatsionnoj obrazovatelnoj sredy (kampusov), utverzhdenij 12 dekabrya 2024 g. ministrom nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federatsii V.N. Falkovym [Electronic resource]. – Access mode : <https://prokampus.rf>.
4. Kazakov, S.D. Chastotnij analiz proektnoj tsifrovoj informatsionnoj modeli uchebnogo korpusa / S.D. Kazakov, S.S. Fedorov, D.A. Kornev, R.A. Gatiatullina // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94) [Electronic resource]. – Access mode : [https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4\(94\)2024-main.pdf](https://moofrnk.com/assets/files/journals/components-of-scientific-and-technological-progress/94/Components-of-Scientific-4(94)2024-main.pdf).

© Е.О. Черепанова, С.С. Федоров, К.А. Акташев, 2026

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФОЛИО И ИНСТРУМЕНТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА

А.Г. ГЕРАСИМОВА

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева»,
г. Чебоксары*

Ключевые слова и фразы: цифровое портфолио; компетентностный подход; компьютерное зрение; OCR; цифровизация образования; автоматизация оценки; образовательные достижения.

Аннотация: В статье рассматриваются теоретические, методологические и технологические аспекты формирования цифрового портфолио достижений студентов в условиях цифровизации высшего образования. Обоснована роль цифрового портфолио как инструмента накопительной и доказательной оценки сформированности профессиональных и универсальных компетенций обучающихся в рамках компетентностного подхода. Цель исследования – проанализировать основные проблемы, возникающие при ручном заполнении и верификации документов, подтверждающих достижения студентов, а также выявить ограничения традиционных систем управления портфолио. Особое внимание уделено возможностям применения технологий компьютерного зрения, включая оптическое распознавание символов, анализ визуальных признаков документов и автоматическую классификацию изображений, для автоматизированного формирования и структурирования портфолио. Представлен сравнительный анализ существующих цифровых систем управления портфолио и инструментов интеллектуального распознавания документов. Результат исследования – сделан вывод о целесообразности интеграции технологий компьютерного зрения в цифровые образовательные среды с целью повышения объективности, достоверности и аналитической значимости оценки образовательных достижений студентов.

Современное высшее образование функционирует в условиях активной цифровой трансформации, охватывающей как содержание образовательных программ, так и методы оценки результатов обучения. В рамках реализации федеральных государственных образовательных стандартов особое значение приобретает компетентностный подход, предполагающий ориентацию образовательного процесса на формирование у обучающихся способности применять знания, умения и навыки в профессиональной и социальной деятельности. Владение соответствующими компетенциями становится необходимым условием успешной профессиональной самореализации и социальной активности [6].

Цифровизация и компьютеризация в глобальном смысле представляют собой концепцию экономической деятельности, основанной на цифровых технологиях, внедряемых в разные сферы жизни и производства [1]. В этой

связи возрастает потребность в инструментах, позволяющих осуществлять объективную, накопительную и доказательную оценку образовательных достижений студентов. Одним из таких инструментов является цифровое портфолио, которое обеспечивает систематизацию результатов учебной, научно-исследовательской, проектной и внеучебной деятельности обучающихся.

В настоящее время образование имеет неразрывную связь с информационными и педагогическими технологиями, основным преимуществом которых является возможность раскрытия личных качеств обучающегося [2]. Цифровое портфолио в педагогической науке рассматривается как многофункциональный инструмент оценки, ориентированный на фиксацию индивидуальных достижений студента в динамике его профессионального становления. В отличие от традиционных форм контро-

Таблица 1. Сравнительная характеристика систем управления портфолио и инструментов компьютерного зрения

Критерий сравнения	Традиционные системы управления портфолио	Инструменты компьютерного зрения
Способ ввода данных	Ручной ввод пользователем	Автоматическое извлечение данных
Верификация документов	Осуществляется вручную или отсутствует	Автоматический анализ структуры и реквизитов
Трудоемкость сопровождения	Высокая	Низкая
Возможности анализа данных	Ограниченные	Расширенные (классификация, фильтрация, поиск)
Учет специфики образования	Высокий	Ограниченный

ля, портфолио позволяет учитывать не только итоговые результаты обучения, но и процесс формирования компетенций, а также качество образовательных продуктов, созданных обучающимися. Цифровое портфолио является не только формой накопления информации о квалификации и компетенциях будущего специалиста, но и способом оценки результатов образовательной деятельности в рамках конкретного направления и для учебного заведения в целом, благодаря анализу статистик с результатами аттестации обучаемых [5].

По мнению Т.А. Лавиной, цифровое портфолио способствует развитию у студентов навыков рефлексии, самооценки и проектирования собственной образовательной траектории, что особенно важно в условиях цифровизации образования. Н.В. Тихонова отмечает, что использование портфолио позволяет реализовать принцип индивидуализации обучения и повысить мотивацию студентов к профессиональному развитию.

Таким образом, цифровое портфолио выполняет не только контрольно-оценочную, но и развивающую, диагностическую и аналитическую функции, что делает его значимым элементом современной образовательной практики.

Несмотря на широкое распространение цифровых портфолио в образовательных организациях, их практическое использование сопровождается рядом существенных затруднений. Одной из ключевых проблем является ручной характер загрузки, описания и проверки документов, подтверждающих достижения студентов.

Как отмечает А.А. Смолянинов, при руч-

ном формировании портфолио возрастает риск субъективной интерпретации данных, дублирования информации и снижения достоверности представленных материалов. Отсутствие автоматизированных механизмов анализа документов затрудняет проверку их подлинности, соответствия заявленным достижениям и корректности заполнения реквизитов.

Кроме того, значительные временные затраты преподавателей и административных работников на проверку портфолио ограничивают возможности масштабного применения данного инструмента в образовательной практике, особенно в условиях массового контингента обучающихся.

Технологии компьютерного зрения представляют собой перспективное направление развития интеллектуальных информационных систем, основанное на автоматическом анализе визуальной информации. В образовательной сфере данные технологии находят применение при обработке сканированных документов, фотографий и изображений, подтверждающих достижения обучающихся.

Одним из ключевых инструментов является оптическое распознавание символов (**OCR**), позволяющее извлекать текстовую информацию из изображений дипломов, сертификатов и грамот. Оно широко используется в области сканирования и архивирования документов, что позволяет существенно повысить эффективность работы с большим объемом бумажной документации [3]. Современные алгоритмы машинного обучения и нейросетевые модели обеспечивают высокую точность распознавания даже при наличии искажений, различий в шрифтах и качестве изображений.

Дополнительно используются методы классификации изображений и анализа визуальных признаков, позволяющие автоматически определять тип документа, выделять ключевые реквизиты и структурировать данные в соответствии с заданной моделью портфолио. Суть оптического распознавания символов состоит в переводе изображений печатного текста в данные текстового формата [4].

Проведенный анализ показывает, что традиционные системы управления портфолио ориентированы преимущественно на хранение информации, тогда как инструменты компьютерного зрения обеспечивают интеллектуальную обработку данных, но требуют адаптации к образовательному контексту.

Результаты исследования подтверждают, что цифровое портфолио является эффективным инструментом оценки образовательных до-

стижений студентов в условиях цифровизации высшего образования. Вместе с тем выявленные проблемы ручного заполнения и верификации данных свидетельствуют о необходимости внедрения интеллектуальных технологий автоматизации.

Установлено, что технологии компьютерного зрения обладают значительным потенциалом для автоматического анализа, структурирования и проверки документов, подтверждающих достижения обучающихся. Интеграция данных технологий в цифровые образовательные среды позволяет повысить объективность оценки, снизить трудоемкость сопровождения портфолио и создать условия для аналитически обоснованного мониторинга сформированности компетенций студентов, что соответствует современным требованиям к качеству профессиональной подготовки.

Литература

1. Василекина, О.М. Цифровое портфолио как необходимая часть технологии цифрового двойника студента / О.М. Василекина // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4(45). – С. 74–80.
2. Герасимова, А.Г. Оценка эффективности электронного образовательного ресурса / А.Г. Герасимова, К.Н. Фадеева // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 11. – С. 117–121. – DOI 10.17513/snt.39406.
3. Беляев, В.В. Исследование существующих методов аналогово-цифрового преобразования документов / В.В. Беляев, Т.Н. Егорушкина, С.Н. Клещарь, Д.С. Дорохина // Современные исследования как фактор роста и развития : сборник статей V Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 4 декабря 2023 г. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства Новая Наука, 2023. – С. 96–101.
4. Коночкин, К.Н. Задача распознавания реквизитов документов с использованием систем оптического распознавания символов / К.Н. Коночкин // Электронные информационные системы. – 2023. – № 4(39). – С. 98–113.
5. Деев, М.В. Модель защищенного хранения и обработки данных в цифровых портфолио обучаемых для информационно-образовательной среды / М.В. Деев, А.Г. Финогеев, А.А. Грушевский, И.В. Игошин // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии : сборник трудов XX Международной научно-практической конференции, Махачкала, 1–10 октября 2023 г. – М. : Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского содействия сохранению исторического и научного наследия ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского, 2023. – С. 34–38.
6. Фадеева, К.Н. Искусственный интеллект как инструмент социализации студентов в цифровой среде / К.Н. Фадеева // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 10(193). – С. 122–125.

References

1. Vasilekina, O.M. Tsifrovoye portfolio kak neobkhodimaya chast tekhnologii tsifrovogo dvojnika studenta / O.M. Vasilekina // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj selskokhozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 4(45). – S. 74–80.
2. Gerasimova, A.G. Otsenka effektivnosti elektronno go obrazovatelno go resursa /

A.G. Gerasimova, K.N. Fadeeva // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. – 2022. – № 11. – S. 117–121. – DOI 10.17513/snt.39406.

3. Belyaev, V.V. Issledovanie sushchestvuyushchikh metodov analogovo-tsifrovogo preobrazovaniya dokumentov / V.V. Belyaev, T.N. Egorushkina, S.N. Kleshchar, D.S. Dorokhina // *Sovremennye issledovaniya kak faktor rosta i razvitiya : sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii*, Petrozavodsk, 4 dekabrya 2023 g. – Petrozavodsk : Mezhdunarodnij tsentr nauchnogo partnerstva Novaya Nauka, 2023. – S. 96–101.

4. Konochkin, K.N. Zadacha raspoznavaniya rekvizitov dokumentov s ispolzovaniem sistem opticheskogo raspoznavaniya simvolov / K.N. Konochkin // *Elektronnye informatsionnye sistemy*. – 2023. – № 4(39). – S. 98–113.

5. Deev, M.V. Model zashchishchennogo khraneniya i obrabotki dannykh v tsifrovyykh portfolio obuchaemykh dlya informatsionno-obrazovatelnoj sredy / M.V. Deev, A.G. Finogeev, A.A. Grushevskij, I.V. Igoshin // *Innovatsionnye, informatsionnye i kommunikatsionnye tekhnologii : sbornik trudov XKH Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii*, Makhachkala, 1–10 oktyabrya 2023 g. – M. : Assotsiatsiya vypusnikov i sotrudnikov VVIA im. professora N.E. ZHukovskogo sodejstviya sokhraneniya istoricheskogo i nauchnogo naslediya VVIA im. professora N.E. ZHukovskogo, 2023. – S. 34–38.

6. Fadeeva, K.N. Iskusstvennij intellekt kak instrument sotsializatsii studentov v tsifrovoj srede / K.N. Fadeeva // *Perspektivy nauki*. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 10(193). – S. 122–125.

© А.Г. Герасимова, 2026

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ И РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ: ОСНОВА БУДУЩЕГО НАЦИИ

М.Э. ГЕРМОГЕНОВ, Г.Н. ШЕРГИН, М.И. СЕНТИЗОВА

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
г. Якутск

Ключевые слова и фразы: физическая активность; здоровье детей; развитие; образование; нация.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена глобальной гиподинамией среди детей, угрожающей здоровью нации. Цель работы – изучить теоретико-эмпирическое обоснование влияния физической активности на соматическое, психологическое и когнитивное развитие детей. Задачи: анализ теоретических подходов к физическому воспитанию; разработка программы диагностики; эмпирическая верификация различий в показателях здоровья, самооценки и успеваемости у детей с разным уровнем активности. Гипотеза: регулярные (≥ 3 раз в неделю) нагрузки системно улучшают антропометрические, физиологические параметры, когнитивные функции и социально-психологический статус. Методы: теоретический анализ, педагогический эксперимент ($n = 200$, 6–12 лет, контрольная и экспериментальная группы), инструментальная диагностика (фитнес-трекеры, медосмотр), психометрическое тестирование (шкала Дембо – Рубинштейн, опросник стресса). Результаты подтвердили гипотезу: в экспериментальной группе зафиксировано улучшение физиологических показателей (снижение ИМТ, нормализация липидного профиля), прирост самооценки (+18 %) и успеваемости (+15 %). Вывод: формирование культуры физической активности в детстве – фундаментальное условие развития здоровой нации.

Введение

Здоровье подрастающего поколения – важнейший аспект устойчивого развития общества. В условиях роста ожирения, малоподвижного образа жизни и хронических заболеваний необходимо уделить особое внимание физической активности детей. Проблема гиподинамии среди детей приобрела характер глобальной эпидемии, что делает тему исследования особенно актуальной [1].

Здоровье и развитие детей напрямую влияют на будущее нации. Правильное воспитание физической активности закладывает фундамент гармоничного развития, физического и умственного здоровья, формирует ответственных граждан. Цель работы – комплексный анализ теоретических и практических аспектов влияния физической активности на детский организм и личность.

Теоретические основы влияния физической активности на детский организм

1. Исторический обзор понятия «физическое воспитание»

Физическая культура существует с древнейших времен. В античных государствах физическое воспитание было неотъемлемой частью подготовки гражданина. Платон и Аристотель подчеркивали связь гимнастики (физического развития) с духовным развитием. Идеалом был «калокагатий» – гармонично развитый человек.

В России основоположниками научного подхода к физическому образованию стали П.Ф. Лесгафт и В.В. Гориневский. Лесгафт обосновал, что цель физических упражнений – не только развитие мышц, но и познание мира через движение, способствующее умственному развитию ребенка [2].

Таблица 1. Сравнительные показатели групп после 2 месяцев эксперимента

Показатель	Контрольная группа (n = 100)	Экспериментальная группа (n = 100)	Изменение
Средняя физическая активность (тыс. шагов в день)	5,2	7,3	+40 %
Индекс массы тела (ИМТ, усл. ед.)	Без значимых изменений	Снижение на 2,5%	Положительная динамика
Уровень холестерина (ммоль/л)	Без значимых изменений	Улучшение показателей	Положительная динамика
Самооценка (по шкале Дембо – Рубинштейн)	Без изменений	Выше на 18 %	Значительный рост
Уровень стресса (по опроснику)	Без изменений	Снижение на 15 %	Значительное снижение
Средняя успеваемость (средний балл)	Без изменений (или незначительное снижение к концу года)	Улучшение на 15 %	Значительный рост

2. Физиологические механизмы воздействия на растущий организм

Детский организм непрерывно растет, и физическая активность выступает катализатором этих процессов.

- Опорно-двигательный аппарат: нагрузки стимулируют окостенение и рост костей, усиливают кровоснабжение мышц, увеличивают мышечную массу. Формируется мышечный корсет, предотвращающий нарушения осанки.

- Сердечно-сосудистая и дыхательная системы: аэробные нагрузки (бег, плавание) экономизируют работу сердца (урежение пульса в покое), увеличивают ударный объем, повышают выносливость, увеличивают жизненную емкость легких.

- Нейрогуморальная регуляция и иммунитет: движение активизирует ЦНС, балансирует возбуждение и торможение, стимулирует гормоны роста, активизирует иммунную систему.

3. Психологические и социальные аспекты

Двигательная активность тесно связана с психическим развитием. Жан Пиаже отмечал формирование интеллекта через действия с предметами (сенсомоторный интеллект).

- Когнитивные функции: физические упражнения способствуют выработке нейротрофических факторов (*BDNF*), стимулирующих рост нейронов в гиппокампе (память и обучение). Это объясняет связь физкультуры и успеваемости.

- Эмоционально-волевая сфера: актив-

ность снимает стресс благодаря эндорфинам, снижает тревожность. Преодоление трудностей формирует волю и дисциплину.

- Социализация: командные виды спорта развивают навыки взаимодействия, учат работе в команде, поддержке, принятию побед и поражений.

4. Современные вызовы: гиподинамия и цифровизация

Снижение спонтанной активности, увеличение экранного времени привели к росту гиподинамии. Малоподвижный ребенок хуже развит, быстрее устает, замыкается в виртуальном мире, что усугубляет проблемы здоровья и социализации. Преодоление этого тренда – задача педагогов и родителей.

Методология и результаты экспериментального исследования

Методика исследования

Проведен эксперимент с участием 200 детей 6–12 лет, разделенных на две группы:

- контрольная (100 детей, малоподвижный образ жизни, минимум занятий вне школы);

- экспериментальная (100 детей, физическая активность ≥ 3 раз в неделю).

В течение 2 месяцев проводились:

- мониторинг активности (фитнес-трекеры: шаги, пульс, калории);

- оценка здоровья (медосмотр: ИМТ, хо-

лестерин, давление);

- психологические тесты (опросник стресса, шкала Дембо – Рубинштейн);
- оценка успеваемости (сравнение четвертных оценок).

Результаты исследования

Результаты подтверждают гипотезу: регулярная физическая активность положительно влияет на здоровье и развитие детей. Улучшение физического состояния коррелирует с повышением самооценки и успеваемостью благодаря нейротрофическим процессам.

Дети экспериментальной группы показали лучшую концентрацию внимания. Отсутствие динамики в контрольной группе подчеркивает важность физической разрядки [3; 4].

Социально-экономическое значение для нации огромно. Влияние физической активности выходит за рамки индивидуального здоровья.

- Экономика здравоохранения: привычка к активному образу жизни – долгосрочная инвестиция. Здоровый взрослый реже болеет хроническими заболеваниями, тем самым снижая нагрузку на здравоохранение и повышая произ-

водительность труда.

- Демография и качество населения: здоровое поколение – залог успешной страны. Физически и психологически устойчивые люди создают крепкие семьи, способны к эффективной работе и защите Родины.
- Социальный капитал: развитие массового детского спорта способствует гражданской идентичности, формирует чувство единства и гордости за страну.

Заключение

Физическая активность – ключевой фактор формирования здорового образа жизни у детей. Исследование демонстрирует комплексное положительное воздействие регулярных занятий: от улучшения физиологических показателей до повышения самооценки и успеваемости. Инвестирование в программы физического воспитания, строительство спортивной инфраструктуры должны стать приоритетом для государства, родителей и образовательных учреждений. Здоровый ребенок – основа процветания нации.

Литература

1. Аллянов, Ю.Н. Физическая культура / Ю.Н. Аллянов, И.А. Письменский. – М. : Юрайт, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://urait.ru/viewer/fizicheskaya-kultura-562057>.
2. Лесгафт, П.Ф. Избранные труды по анатомии и физической культуре / П.Ф. Лесгафт. – М. : Физкультура и спорт, 1987. – 368 с.
3. Алхасов, Д.С. Методика обучения физической культуре в начальной школе / Д.С. Алхасов. – М. : Юрайт, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://urait.ru/viewer/metodika-obucheniya-fizicheskoy-kulture-v-nachalnoy-shkole-569296>.
4. Виленский, М.Я. Физическая культура. 5–7 классы / М.Я. Виленский, И.М. Туревский, Т.Ю. Торочкова. – М. : Просвещение, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fk12.ru/books/fizicheskaya-kultura-5-7-klassy-vilenskii>.
5. Рейти, Дж. Зажги себя! Жизнь – в движении / Дж. Рейти, С. Хейгерман. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 336 с.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М. : Спорт, 2017. – 624 с.
7. Сухарев, А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков / А.Г. Сухарев. – М. : Медицина, 2009. – 272 с.

References

1. Allyanov, YU.N. Fizicheskaya kultura / YU.N. Allyanov, I.A. Pismenskij. – M. : YUrajt, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://urait.ru/viewer/fizicheskaya-kultura-562057>.
2. Lesgaft, P.F. Izbrannye trudy po anatomii i fizicheskoy kulture / P.F. Lesgaft. – M. : Fizkultura i sport, 1987. – 368 s.
3. Alkhasov, D.S. Metodika obucheniya fizicheskoy kulture v nachalnoj shkole / D.S. Alkhasov. – M. : YUrajt, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://urait.ru/viewer/metodika-obucheniya-fizicheskoy-kulture-v-nachalnoy-shkole-569296>.

4. Vilenskij, M.YA. Fizicheskaya kultura. 5–7 klassy / M.YA. Vilenskij, I.M. Turevskij, T.YU. Torochkova. – M. : Prosveshchenie, 2022 [Electronic resource]. – Access mode : <https://fk12.ru/books/fizicheskaya-kultura-5-7-klassy-vilenskii>.

5. Rejti, Dzh. Zazhgi sebya! ZHizn – v dvizhenii / Dzh. Rejti, S. KHejgerman. – M. : Mann, Ivanov i Ferber, 2017. – 336 s.

6. Solodkov, A.S. Fiziologiya cheloveka. Obshchaya. Sportivnaya. Vozrastnaya / A.S. Solodkov, E.B. Sologub. – M. : Sport, 2017. – 624 s.

7. Sukharev, A.G. Zdorove i fizicheskoe vospitanie detej i podrostkov / A.G. Sukharev. – M. : Meditsina, 2009. – 272 s.

© М.Э. Гермогенов, Г.Н. Шергин, М.И. Сентизова, 2026

ВЛИЯНИЕ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ СТУДЕНТОВ: ЭМПИРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

С.М. ГОЗГЕШЕВА, С.Н. БАШКИРОВА, Ш.А. ИМНАЕВ

ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет»,
г. Пятигорск

Ключевые слова и фразы: адаптивная физическая культура; когнитивные способности; студенты; корреляция взаимосвязей; педагогический инструментарий.

Аннотация: В статье представлены результаты, полученные в ходе достижения цели, призванной произвести эмпирическую оценку влияния адаптивной физической культуры студентов на их когнитивное развитие для установления действенного педагогического инструментария, необходимого для организаций полноценных занятий в образовательном пространстве вуза. Актуальность исследования определяется рядом нерешенных вопросов, проблемность которых заключается во фрагментарности знаний о взаимосвязях структурно-функциональных компонентов, одним из которых является когнитивная составляющая двигательной активности. Путем применения адекватных цели методов исследования и привлечения математического расчета фиксируемых в педагогическом эксперименте значений в исследуемых показателях достигнуты результаты, указывающие на достоверность сформулированной гипотезы о действенности занятий адаптивной физической культуры в повышении уровня сформированности когнитивных компетенций студентов, определены границы их практического применения в образовательной практике и выявлены перспективы последующих исследований.

В рамках совокупности результатов последних исследовательских работ, выполненных отечественными и зарубежными авторами [1–9], вывод о пользе адаптивной физической культуры (АФК), которая оказывает положительное влияние одновременно на физическое и когнитивное развитие, очевиден. Подчеркиваемая авторами научных работ очевидность обусловлена самой целью АФК [1, с. 117], педагогический инструментарий которой ориентирован на активизацию гармоничного развития физических, двигательных [3, с. 113] и когнитивных возможностей [7] человека, а также расширением диапазона способностей за счет имеющегося у него потенциала. В качестве сопровождающих функций АФК большинство исследователей называют улучшение физической формы [4, с. 113], исполнительской двигательной функции, координации движений, а также социальные и эмоциональные способности [2, с. 80].

С точки зрения физиологии, АФК повы-

шает мышечную силу, кардиореспираторную выносливость и гибкость, что имеет значение для повседневной двигательной мобильности человека [6, с. 507]. Существующие между обычными занятиями спортом, улучшающими двигательные возможности человека, и занятиями АФК различия выражены в способности последних учитывать в рамках организации педагогического процесса психологические и психосоциальные аспекты. Некоторые авторы научных работ указывают на улучшение посредством занятий АФК двигательного контроля, равновесия и осанки [5]. Кроме того, результаты некоторых исследований демонстрируют влияние упражнений АФК, выстроенных путем модификации высокоинтенсивных интервальных тренировок, на диапазон аэробных возможностей, повышение значений в показателях выносливости сердечно-сосудистой системы и мышечной силы. АФК способна улучшить исполнительские функции (рабочая память, внимание) через повышение пластичности мозга и

Таблица 1. Корреляционный анализ взаимосвязи между параметрами компонентов

Компоненты		
Внимание	Память	Метакогнитивные способности
1,00	0,59	0,67
0,59	1,00	0,47
0,67	0,47	1,00

нейронных связей [9]. Занятия АФК улучшают эмоциональный контроль и саморегуляцию [8].

Таким образом, АФК выступает в качестве концептуальной основы для организации целостного образования в области физической культуры и действенного педагогического инструментария для всестороннего развития человека, в котором «объединены тело, разум и дух».

Цель настоящего исследования заключается в эмпирической оценке влияния АФК студентов на их когнитивное развитие для установления действенного педагогического инструментария, необходимого для организаций полноценных занятий в образовательном пространстве вуза.

Для достижения исследовательской цели и выявления характера влияния АФК на когнитивные способности студентов были задействованы методы поиска, анализа и обобщения результатов исследований, представленных в научных публикациях. Для эмпирической оценки когнитивных способностей учащейся молодежи к организации педагогического эксперимента были привлечены студенты 2 курса института Иностранных языков и международного туризма (ИИЯМТ) ФБОУ ВО «Ятигорский государственный университет» в количестве 22 человек (возраст $19 \pm 0,5$ лет). Педагогический эксперимент включал три этапа, рекомендуемые при организации эмпирической части исследовательской работы.

На первом (констатирующем, с 12 по 23 октября 2025 г.) и третьем (контрольном, с 17 по 27 февраля 2026 г.) этапах путем привлечения экспертов из числа педагогов университета (4 человека) дважды осуществлялась диагностика уровня сформированности когнитивных компетенций посредством методики, предложенной Н.А. Сеногноевой [2, с. 86], учитывая равные изначальные значения по их показателям.

Аналитическая деятельность включала анализ результатов этапов педагогического эксперимента для выявления взаимосвязей между целесообразностью педагогических влияний, реализуемых на занятиях АФК, и уровнем сформированности когнитивных способностей студентов в рамках сравнительного анализа двух групп: экспериментальной (ЭГ, $n = 11$ студентов) с введением в занятия средств АФК, и контрольной (КГ, $n = 11$ студентов), занимающихся в рамках программного материала. Сформированные выборки являются независимыми. Независимость обусловлена отсутствием взаимосвязи между участниками сформированных групп, так как в соответствии с планом формирующего этапа эксперимента они не соприкасаются в конечных результатах уровней когнитивного развития студентов. Сравнительный анализ проводился на контрольном этапе эмпирической проверки гипотезы о действенности занятий АФК в повышении уровня сформированности когнитивных компетенций студентов с использованием методов математической статистики критерия Пирсона (χ^2 -тест/тест хи-квадрат) для уточнения силы и характера взаимосвязей между параметрами исследуемой компетенции путем проведения корреляционного анализа (r -Спирмена). В рамках оценочных мероприятий получены значения (табл. 1), анализ которых осуществлялся с опорой на следующие показатели коэффициента:

- 0,3 и менее – слабая теснота связи;
- с 0,4 до 0,6 – умеренная теснота связи;
- 0,7 и более – высокая теснота связи.

По результатам осуществленного корреляционного анализа нами констатируется наличие умеренной тесноты связей между всеми компонентами исследуемого феномена. Достигнутые благодаря корреляционному анализу результаты позволяют констатировать наличие и значимость, обусловленную включением отдельных показателей в общую структуру занятий студен-

тов ЭГ педагогических средств АФК, а также необходимость учета выявленных характеристик при формулировании и обосновании организационно-педагогических условий для обеспечения качественных занятий.

Комплексная оценка влияния АФК на когнитивное развитие студентов по критериям включения и исключения позволила установить общую педагогическую стратегию повышения значений в качественных показателях участников педагогического эксперимента независимо от пола, которая может быть применена при планировании и непосредственной организации занятий в образовательных учреждениях. Результаты исследования, полученные путем фиксации значений отдельных параметров оценки сформированности когнитивной компетенции у студентов университета, подчеркивают значимое участие средств АФК в развитии студентов по исследуемому параметру, выраженное повышением вовлеченности в выполнении заданий и приобретении двигательных навыков.

Кроме того, результаты исследования подчеркивают важность междисциплинарного сотрудничества в системе образования, способного устранить/нивелировать возникающие при организации занятий барьеры и ограничения, а также согласовать педагогический инструментарий в сопряжении с индивидуальными образовательными и личностными потребностями и потенциалом студенческой молодежи.

Значимым этапом следующего исследования, основы которого заложены в настоящей работе, является разработка специальной программы, направленной на достижение точечного педагогического воздействия, способного устранить рассогласованность в педагогическом инструментарии применения средств когнитивного совершенствования и фи-

зического развития студентов.

Необходимым является выявление и формулирование педагогических условий, создание которых в образовательной среде позволит усилить академическую вовлеченность студентов и контроль над двигательной активностью в повседневной жизни.

Как правило, именно низкая степень вовлеченности студентов в систематические занятия физической культурой обуславливает необходимость впоследствии прибегать к средствам АФК как варианту коррекции уже приобретенных в негативном опыте отклонений в показателях здоровья.

В рамках достигнутых результатов, согласованных со сформулированной целью исследования, были получены данные, свидетельствующие:

1) об актуальности и перспективности изучения вопросов корреляции между когнитивными способностями студентов и средствами АФК, применяемыми в рамках образовательного процесса;

2) о наличии тесной взаимосвязи между исследуемыми переменными, которая может быть использована для повышения качества в организации занятий физической культурой со студентами;

3) о возможности включения результатов исследования в практико-ориентированные методические рекомендации и педагогические модели для повышения целесообразности организации учебных занятий студентов через взаимосвязь обусловленностей.

По результатам исследования нами констатируется достижение цели и определяется высокая перспективность последующего изучения взаимосвязей с акцентированным вниманием к остальным, не рассмотренным нами компонентам.

Литература

1. Актуальные проблемы и перспективы развития физической культуры, спорта и адаптивной физической культуры в современных условиях : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Луганск, 11 апреля 2025 г. – Луганск : Луганский государственный педагогический университет, 2025. – 210 с.
2. Капралова, М.И. Сравнительный анализ показателей психологического здоровья педагогов по физической культуре и специалистов по адаптивной физической культуре / М.И. Капралова // Адаптивная физическая культура и спорт: проблемы, инновации, перспективы : материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 45-летию факультета физической культуры, Тула, 21 октября 2022 г. – Тула : Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2022. – С. 79–87.

3. Ли, А.В. Занятие физической культуры студента 3 курса адаптивной физической культурой / А.В. Ли // Заметки ученого. – 2021. – № 1. – С. 112–115.
4. Савенков, С.И. Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура) и физическая реабилитация / С.И. Савенков // Апгрейд 2030: стратегия развития молодежной среды : материалы II Международного Форума, Москва, 29–30 октября 2024 г. – Ульяновск : Зебра, 2024. – С. 111–116.
5. Башкирова, С.Н. Вызовы и перспективы образовательной трансформации цифрового века / С.Н. Башкирова, Е.Н. Пронченко, Г.В. Шиянова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 12(159). – С. 130–133.
6. Habbak, A.L.Z. Multi-Sensory Interactive Interior Design for Enhancing Skills in Children with Autism / A.L.Z. Habbak, L. Khodeir // Ain Shams Engineering Journal. – 2023. – Vol. 14(8). – 102039. [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102039>.
7. Indarto, P. Quality of Physical Education Curriculum in Elementary Schools in the Digital Era: Opportunities and Challenges / P. Indarto, N. Nasuka, M.F. Hidayatullah, S. Sulaiman, H. Setyawati // Proceedings of International Conference on Physical Education, Health, and Sports. – 2024. – Vol. 4. – P. 502–509.
8. Northey, J.M. Are there Sensitive Periods for Physical Activity to Influence the Development of Executive Function in Children? / J.M. Northey, L.B. Raine, C.H. Hillman // Journal of Sport and Health Science. – 2025. – Vol. 14. – 101015. [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.101015>.
9. Nugroho, H. Pencak Silat as a Comprehensive Method of Mental, Physical, and Spiritual Growth: A Systematic Review / H. Nugroho, S.Y. Gontara, P.D. Angga, G. Jariono // Physical Education Theory and Methodology. – 2024. – Vol. 24(6). – P. 1015–1025 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.17309/tmfv.2024.6.20>.
10. Du, X. The Effect of Cognitive Reappraisal on Emotion Recognition in Mothers of Children with Special Needs / X. Du, S. Gao, X. Zhao, X. Chen // Acta Psychologica. – 2024. – Vol. 248. – 104401 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104401>.

References

1. Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya fizicheskoy kultury, sporta i adaptivnoy fizicheskoy kultury v sovremennykh usloviyakh : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Lugansk, 11 aprelya 2025 g. – Lugansk : Luganskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet, 2025. – 210 s.
2. Kapralova, M.I. Sravnitelnyj analiz pokazatelej psikhologicheskogo zdorovya pedagogov po fizicheskoy kulture i spetsialistov po adaptivnoy fizicheskoy kulture / M.I. Kapralova // Adaptivnaya fizicheskaya kultura i sport: problemy, innovatsii, perspektivy : materialy I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 45-letnemu yubileyu fakulteta fizicheskoy kultury, Tula, 21 oktyabrya 2022 g. – Tula : Tulskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet im. L.N. Tolstogo, 2022. – S. 79–87.
3. Li, A.V. Zanyatie fizicheskoy kultury studenta 3 kursa adaptivnoy fizicheskoy kulturoj / A.V. Li // Zаметки ученого. – 2021. – № 1. – С. 112–115.
4. Savenkov, S.I. Fizicheskaya kultura dlya lits s otkloneniyami v sostoyanii zdorovya (adaptivnaya fizicheskaya kultura) i fizicheskaya reabilitatsiya / S.I. Savenkov // Апгрейд 2030: стратегия развития молодежной среды : материалы II Международного Форума, Москва, 29–30 октябрья 2024 г. – Ульяновск : Зебра, 2024. – С. 111–116.
5. Bashkirova, S.N. Vyzovy i perspektivy obrazovatelnoj transformatsii tsifrovogo veka / S.N. Bashkirova, E.N. Pronchenko, G.V. SHiyanova // Perspektivy nauki. – Tambov : ТМБпринт. – 2022. – № 12(159). – С. 130–133.

© С.М. Гозгешева, С.Н. Башкирова, Ш.А. Имнаев, 2026

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Я.В. ДЕЛЮКОВА

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
г. Владивосток

Ключевые слова и фразы: теория функций комплексной переменной; методические приемы; междисциплинарные связи; формирование компетенций.

Аннотация: Цель работы: выявить методические особенности обучения теории функций комплексной переменной студентов педагогического направления подготовки. Гипотеза: указанные методические приемы способствуют осмыслению частных понятий теории функций комплексной переменной в рамках целостной системы знаний. В результате исследования сделан вывод: указанные методические приемы ведут к формированию профессиональных компетенций бакалавров педагогического образования.

Теория функций комплексной переменной изучается студентами Школы педагогики Дальневосточного федерального университета на четвертом курсе как заключительная глава дисциплины «Избранные вопросы математического анализа». Обучение этому разделу математического анализа студентов педагогических направлений имеет свои особенности. К таким особенностям можно отнести: отсутствие возможности продемонстрировать многочисленные применения этой теории для решения важнейших вопросов, связанных с техническими науками; большой объем материала в условиях дефицита учебного времени.

Целесообразность изучения основ теории аналитических функций для студента педагогического направления обусловлена рядом причин:

1) комплексные числа расширяют представления о числах, являясь целостным завершением таких представлений;

2) переход в комплексную плоскость позволяет обнаружить глубокую связь между основными элементарными функциями (показательной и тригонометрическими функциями; обратными тригонометрическими функциями, логарифмической и степенной функцией), из-

учение элементарных функций составляет основное содержание школьной алгебры;

3) курс теории функций комплексной переменной дает уникальную возможность проследить логику построения курса математического анализа и продолжить работу по формированию у обучающихся фундаментальных понятий математического анализа (предел, производная, интеграл) путем обобщения их на случай функций комплексной переменной.

Таким образом, изучение основ теории функций комплексной переменной формирует научную базу школьной математики, позволяет организовать исследовательскую деятельность студентов, развивает методические умения будущих педагогов.

Как замечает Р.М. Асланов, при изучении комплексного анализа студентами педагогических направлений «необходимо сделать акцент на выявление и использование студентами закономерностей развития научных теорий, а также правил научного поиска» [1, с. 89].

Предлагаемые ниже методические приемы способствуют успешному усвоению основ теории функций комплексной переменной, выработке навыков исследовательской деятельности.

1. *Опора на фундаментальные понятия и*

Опыт преподавания позволяет сделать вывод, что при грамотной организации повторения и актуализации изученного материала формулирование определений и доказательств основных утверждений о пределах функций комплексной переменной, о дифференцируемости и непрерывности можно проводить в процессе решения упражнений, в том числе теоретического характера. Это способствует активизации познавательной деятельности обучающихся как одной из важнейших задач профессиональной подготовки бакалавров педагогического образования.

Так, для изучения вопросов, связанных с дифференцируемостью функций комплексной переменной, можно предложить следующий план занятия.

На этапе подготовки к занятию студенты получают задание повторить вопросы, связанные с дифференцируемостью функций одной и двух независимых переменных:

- понятие дифференцируемости функции $f(x)$ в точке x_0 ;
- понятие дифференцируемости функции $f(x, y)$ в точке (x_0, y_0) ;
- необходимое условие дифференцируемости функций двух независимых переменных;
- достаточное условие дифференцируемости функций двух независимых переменных.

При этом должно быть достигнуто понимание того, что в отличие от функций одной независимой переменной дифференцируемость функций двух независимых переменных не равносильна существованию частных производных.

Далее предлагается система заданий, последовательное выполнение которых позволит обучающимся самостоятельно вывести условия существования производной функции комплексной переменной.

Можно ли понятие дифференцируемости функций комплексной переменной ввести аналогично тому, как это делалось для функций действительной переменной? Сформулируйте определение производной функции комплексной переменной в точке. Пользуясь определением, вычислите производную функции $f(z) = z^2$.

Пусть функции $f_1(z)$, $f_2(z)$ дифференцируемы в точке z_0 , докажите, что следующие функции дифференцируемы в точке z_0 :

$$f_1(z) \pm f_2(z); \quad f_1(z) \cdot f_2(z); \quad f_1(z)/f_2(z), \quad \text{если } f_2(z_0) \neq 0.$$

Докажите, что из дифференцируемости функции $f(z)$ в точке z_0 следует непрерывность функции в этой точке.

Докажите, что функция $f(z) = \bar{z}$ комплексной плоскости, но не имеет производной ни в одной точке. Не противоречит ли это предыдущему утверждению?

Докажите, что дифференцируемость функции $f(z)$ в точке z_0 равносильна представлению приращения функции в виде $\Delta f = f'(z_0)\Delta z + \varepsilon(\Delta z)\Delta z$, где функция $\varepsilon(\Delta z) \rightarrow 0$, если $\Delta z \rightarrow 0$.

Пусть функция $f(z)$ дифференцируема в точке z_0 , тогда ее приращение можно представить в виде $\Delta f = f'(z_0)\Delta z + \varepsilon(\Delta z)\Delta z$. Пользуясь последним равенством, докажите дифференцируемость в точке (x_0, y_0) функций двух действительных переменных $\operatorname{Re} f = u(x, y)$ и $\operatorname{Im} f = v(x, y)$. Докажите, что в точке (x_0, y_0) выполняются равенства $\partial u/\partial x = \partial v/\partial y$, $\partial u/\partial y = -\partial v/\partial x$.

Пусть $\operatorname{Re} f = u(x, y)$ и $\operatorname{Im} f = v(x, y)$ дифференцируемы в точке (x_0, y_0) , и при этом в точке (x_0, y_0) выполняются равенства $\partial u/\partial x = \partial v/\partial y$, $\partial u/\partial y = -\partial v/\partial x$.

Докажите, что функция $f(z)$ дифференцируема в точке z_0 .

Пользуясь двумя предыдущими упражнениями, сформулируйте критерий дифференцируемости функций комплексной переменной.

Пусть $f(z)$ дифференцируема в точке z , укажите все формы записи формулы для вычисления производной $f'(z)$.

Систематическое использование заданий с опорой на уже изученные понятия и теоремы, доказанные для функций действительной переменной, подводит к осмыслению частных понятий теории функций комплексной переменной в рамках целостной системы знаний. И.В. Игнатъева отмечает важность использования «в процессе обучения систем, специально составленных, направленных на отработку основ теории систем упражнений, способствующих овладению обучающимися логической составляющей математической деятельности в ее понятийном аспекте» [2, с. 144].

2. Решение задач, связанных с действительными функциями действительной переменной средствами теории функций комплексной переменной.

Как известно, в теории функций комплексной переменной степенные ряды играют исключительно важную роль, в то же время переход в комплексную плоскость «помогает выяснить истинные причины тех или иных осо-

бенностей разложения [в степенной ряд] вещественной функции от вещественной переменной» [3, с. 520]. Так, например, рассматривая функцию $f(x) = 1/(1 + x^2)$ как сумму геометрической прогрессии, можно получить разложение этой функции в степенной ряд по степеням переменной x , и определить радиус сходимости $R = 1$:

$$1/(1 + x^2) = 1 - x^2 + x^4 - \dots + (-1)^n x^{2n} + \dots$$

Используя свойства функции, легко объяснить присутствие в получившемся ряде только четных степеней переменной. Тот факт, что представление непрерывной функции $f(x) = 1/(1 + x^2)$ как суммы степенного ряда имеет место лишь в интервале $(-1; 1)$, не противоречит пониманию, что радиус сходимости ряда не превосходит расстояния от начальной точки $x = 0$ до ближайшей точки разрыва функции (теорема о непрерывности суммы степенного ряда внутри промежутка сходимости), однако он не находит какого-либо оправдания. И только переход в комплексную плоскость проясняет ситуацию: функция комплексной переменной $f(z) = 1/(1 + z^2)$ претерпевает разрыв в точках, находящихся на указанном расстоянии от точки $z = 0$.

Обсуждение примеров подобного рода развивает исследовательские навыки будущих учителей математики, позволяет находить ответы на чрезвычайно важные вопросы в поведении элементарных функций.

На практических занятиях со студентами есть возможность иллюстрации того, что в некоторых случаях при вычислении предела последовательности действительных чисел бывает удобно перейти к числовой последовательности с комплексными членами, для которых члены исходной последовательности являются действительной или мнимой частью.

Замена действительной переменной, проведенная с использованием функции комплексной переменной, и применение теории вычетов позволяют вычислять некоторые интегралы от функций действительной переменной, этот факт еще раз демонстрирует глубокую взаимосвязь теории функций комплексной переменной с классическим математическим анализом.

3. Выявление междисциплинарных связей.

Изучение теории функций комплексной переменной позволяет уяснить глубокую связь между алгеброй, геометрией и математическим

анализом. Здесь можно упомянуть изображение комплексного числа в виде вектора, геометрическую интерпретацию алгебраических действий над комплексными числами; связь между тригонометрической формой записи комплексных чисел и полярными координатами. Для будущих учителей математики особую роль имеет понимание того, что отображения, задаваемые аналитическими функциями, тесно связаны с геометрическими преобразованиями плоскости (движение плоскости, преобразование подобия).

Зачастую вопросы, связанные с нахождением множества точек комплексной плоскости, удовлетворяющих определенным условиям, проще решить, прибегая к геометрическим представлениям. Так, например, решив задачу о нахождении линии, задаваемой уравнением $|z + 2| - |z - 2| = 1$ аналитическим способом, доказав, что искомое множество точек – правая ветвь гиперболы, имеет смысл обсудить предсказуемость результата, используя определение гиперболы и толкование модуля разности как расстояния между точками плоскости. Поиск ответов на вытекающие отсюда вопросы способствует пониманию определения гиперболы: назовите фокусы гиперболы; какие изменения надо внести в уравнение, чтобы получить всю гиперболу (левую ветвь)?; можно ли утверждать, что каждое из уравнений $|z + 2| - |z - 2| = 5$ и $|z + 2| - |z - 2| = 3$ также задает ветвь гиперболы?

Реализация междисциплинарных связей в процессе обучения теории функций комплексных переменных подчеркивает ее профессиональную значимость для будущих учителей математики.

4. Поиск различий в содержании сходных по формулировке понятий, данных для функций действительной переменной и функций комплексной переменной.

Основные определения математического анализа (предел, непрерывность функции, дифференцируемость функции) дословно переносятся на случай функций комплексной переменной. Однако в комплексной плоскости эти определения приобретают новое содержание в первую очередь по причине различий в понимании окрестности точки, поэтому при введении этих понятий каждый раз следует иллюстрировать их геометрический смысл.

Опыт преподавания теории функций комплексных переменных позволяет заключить,

что указанные методические приемы способствуют формированию профессиональных компетенций бакалавров педагогического образования.

Литература

1. Асланов, Р.М. Некоторые аспекты дифференцированного обучения комплексному анализу в педвузе / Р.М. Асланов, Н.И. Грачева // Сибирский педагогический журнал. – 2008. – № 9. – С. 85–94.
2. Игнатъева, И.В. Система теоретических упражнений как инструмент формирования математического мышления бакалавров педагогического направления подготовки при обучении основам теории рядов / И.В. Игнатъева // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 8(179). – С. 144–146.
3. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления : учебник для вузов; 19-е изд., стер.; в 3-х тт. Том 2 / Г.М. Фихтенгольц. – СПб. : Лань, 2026. – 800 с.

References

1. Aslanov, R.M. Nekotorye aspekty differentsirovannogo obucheniya kompleksnomu analizu v pedvuze / R.M. Aslanov, N.I. Gracheva // Sibirskij pedagogicheskij zhurnal. – 2008. – № 9. – S. 85–94.
2. Ignateva, I.V. Sistema teoreticheskikh uprazhnenij kak instrument formirovaniya matematicheskogo myshleniya bakalavrov pedagogicheskogo napravleniya podgotovki pri obuchenii osnovam teorii ryadov / I.V. Ignateva // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 8(179). – S. 144–146.
3. Fikhtengolts, G.M. Kurs differentsialnogo i integralnogo ischisleniya : uchebnik dlya vuzov; 19-e izd., ster.; v 3-kh tt. Tom 2 / G.M. Fikhtengolts. – SPb. : Lan, 2026. – 800 s.

© Я.В. Делюкова, 2026

БУЛЛИНГ В СТУДЕНЧЕСКОЙ СРЕДЕ: ВЛИЯНИЕ, ПОСЛЕДСТВИЯ И МЕРЫ ЕГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Н.В. КАМЕНЕЦ, Р.П. ПАВЛЕНКОВ, П.Е. БУЦИК

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень*

Ключевые слова и фразы: буллинг; травля; студенты; кибербуллинг; профилактика буллинга.

Аннотация: Статья посвящена анализу распространения буллинга в студенческой среде как фактора, влияющего на межличностные отношения и социально-психологический климат образовательных организаций. Цель исследования – выявление особенностей проявления буллинга среди студентов высшего и среднего профессионального образования. Задачи исследования включали изучение форм и причин травли, ее последствий для участников образовательного процесса и возможностей профилактики. Метод исследования – социологический опрос студентов филиала Тюменского индустриального университета в г. Сургуте. Результаты показали, что буллинг преимущественно проявляется в формах психологического давления и социального исключения, чаще встречается среди студентов СПО и негативно влияет на самооценку и учебную мотивацию обучающихся. Полученные данные подтверждают необходимость системной профилактики буллинга для формирования безопасной образовательной среды.

По определению Е.С. Илларионовой, буллинг – это запугивание, психологический или физиологический террор, агрессия, направленная на подчинение себе другого человека или вызывание у него чувства страха. Буллинг в современной образовательной среде рассматривается как форма устойчивого группового взаимодействия, связанная с нарушением психологической безопасности обучающихся. Исследователи отмечают, что травля возникает не только вследствие индивидуальной агрессии, но и как результат особенностей социальной структуры учебного коллектива и распределения статусных ролей среди студентов [2]. Буллинг в студенческой среде проявляется преимущественно через устойчивые формы межличностного давления, которые нередко воспринимаются участниками взаимодействия как элемент повседневной коммуникации. В отличие от школьного коллектива, студенческая группа характеризуется большей автономностью социальных ролей, что изменяет механизмы возникновения травли и способы ее воспроизводства внутри образовательного пространства.

В более яркой своей форме проявления буллинг, как правило, чаще всего встречается именно в образовательной среде. В рамках исследования студенты рассматривались как социальная группа, наиболее подходящая для оценивания степени влияния травли. Причиной выбора данной группы являются: возрастные качества обучающихся; сформированные морально-нравственные принципы и ценности; наличие интереса в борьбе за лидерство и внимание в коллективе; появление первого жизненного опыта поведения в нестандартных ситуациях. В той или иной форме в буллинге принимает участие каждый, кто находится в коллективе. Распространение буллинга связано с процессами групповой дифференциации и стремлением отдельных участников образовательного коллектива к социальному доминированию. Подобные формы взаимодействия приводят к закреплению неформальной иерархии внутри студенческих групп [3]. С другой стороны, существует совершенно противоположное мнение, что травля оказывает крайне отрицательное воздействие на ее участников, поэтому важно искать причину возникновения агрессии

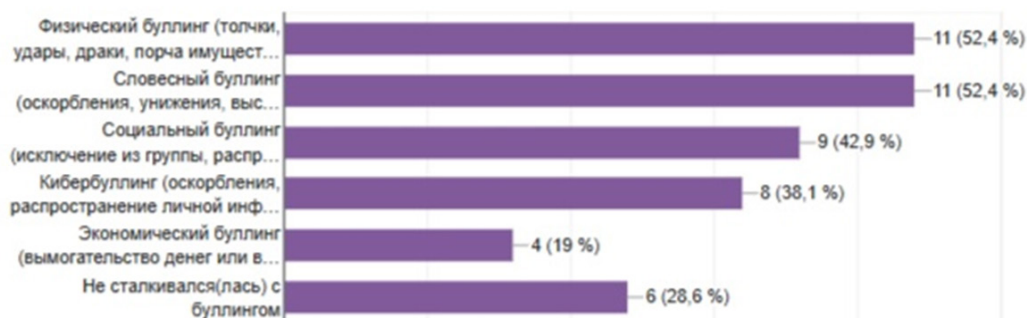


Рис. 1. Результаты вопроса «Какие формы буллинга Вам приходилось наблюдать или испытывать в стенах Вашего учебного заведения?» (из анкетирования для студентов СПО)

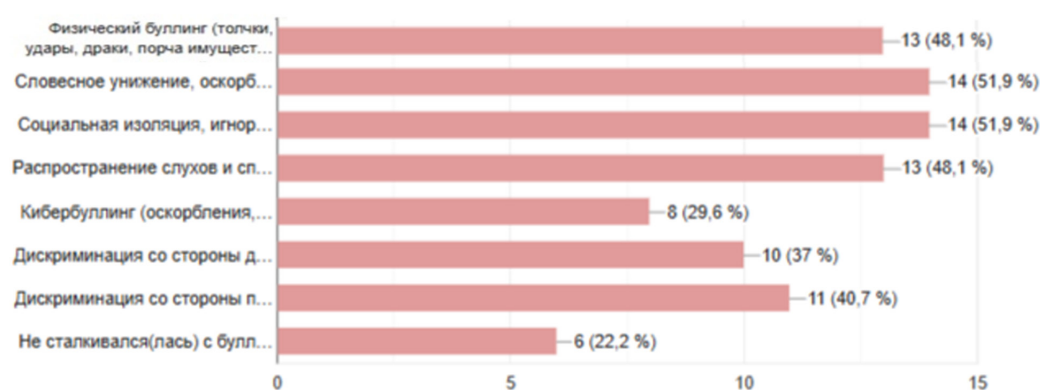


Рис. 2. Результаты вопроса «Какие формы буллинга Вам приходилось наблюдать или испытывать в стенах Вашего учебного заведения?» (из анкетирования для студентов ВО)

и насилия, пресекать и предотвращать буллинг на ранних этапах его возникновения. Поэтому важно выяснить степень угрозы буллинга в жизни студентов.

Эмпирическая часть исследования основана на результатах опроса студентов филиала Тюменского индустриального университета в г. Сургуте. Сбор данных осуществлялся дистанционно с использованием цифровой анкеты. В исследовании приняли участие обучающиеся в возрасте от 17 до 22 лет, что позволило сопоставить особенности восприятия буллинга на разных уровнях профессионального образования.

Для получения более развернутой оценки воздействия травли на студенческую среду она была рассмотрена как совокупность физического и психологического (включает в себя несколько подвидов) типов буллинга. Также при прохождении анкетирования студенты должны были отвечать на вопросы, учитывая особенности участников буллинга (агрессор, жертва, сви-

детель), что также помогло оценить масштаб воздействия буллинга на студенчество в более широком ключе. Чтобы понять, влияет ли возрастной показатель на наличие травли в коллективе, были созданы отдельные анкетирования для обучающихся высшей формы образования и студентов СПО.

По результатам первого вопроса студенты обеих форм образования в целом указали на одинаковые формы проявления травли в их образовательном учреждении (рис. 1 и 2).

Полученные данные показывают, что буллинг в студенческой среде чаще принимает скрытые формы психологического давления. Открытые проявления агрессии встречаются значительно реже. Это свидетельствует о переходе травли из физического пространства во взаимодействие, основанное на социальном исключении и коммуникативном воздействии.

Результаты следующих вопросов анкетирования, представленных на рис. 3 и 4, показали, что у студентов как высшей формы образова-

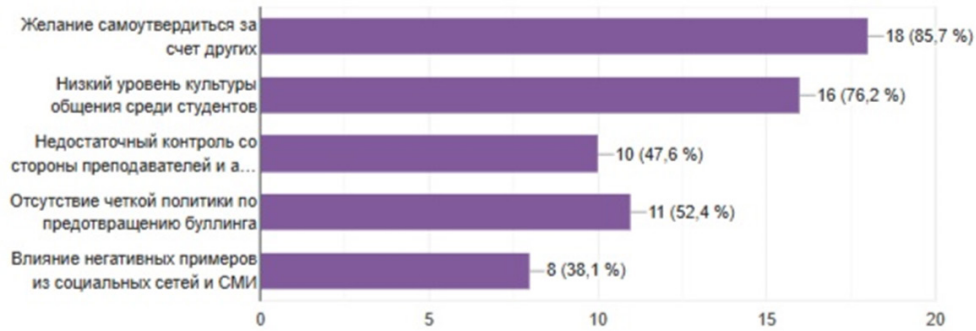


Рис. 3. Результаты вопроса «Как Вы считаете, каковы основные причины возникновения буллинга в Вашем учебном заведении?» (из анкетирования для студентов СПО)

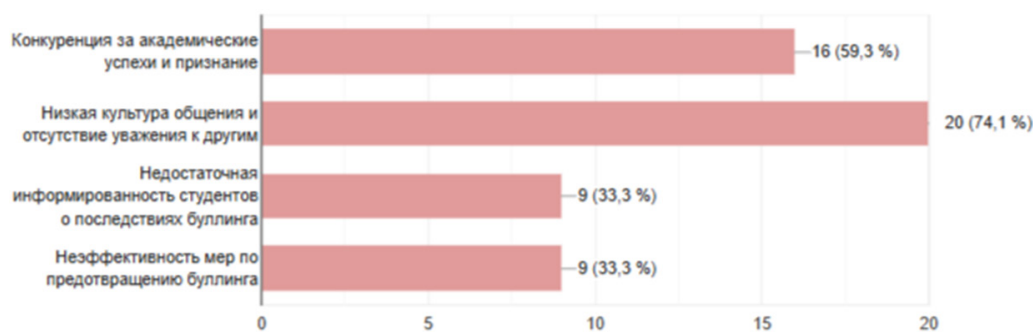


Рис. 4. Результаты вопроса «Как Вы считаете, каковы основные причины возникновения буллинга в Вашем учебном заведении?» (из анкетирования для студентов ВО)

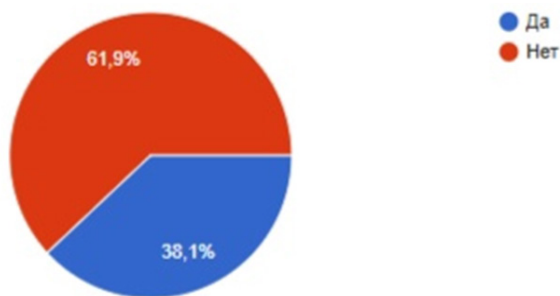


Рис. 5. Результаты вопроса «Приходилось ли Вам быть инициатором буллинга в Вашем учебном заведении?» (из анкетирования для студентов СПО)

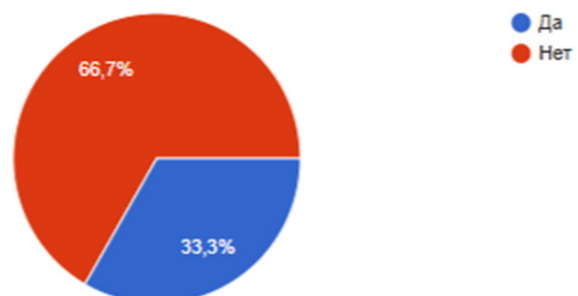


Рис. 6. Результаты вопроса «Приходилось ли Вам быть жертвой буллинга в университете?» (из анкетирования для студентов ВО)

ния, так и средней специальной, во внимание принимаются одинаковые причины возникновения буллинга в студенческой среде. Большинство опрошиваемых согласны с тем, что травля возникает чаще всего на фоне низкой культуры общения у обучающихся, а также ее появление связано с конкуренцией и потребностью в самоутверждении среди окружающих.

Анализ ответов респондентов показал раз-

личия в частоте проявления буллинга в зависимости от уровня образования обучающихся. В целом студенты СПО немного чаще сталкиваются с травлей. Обучающиеся высшего образования на порядок реже становятся агрессором, и, соответственно, не так часто становятся жертвами травли.

Следующий вопрос, на результаты которого следует обратить внимание (рис. 8), помог

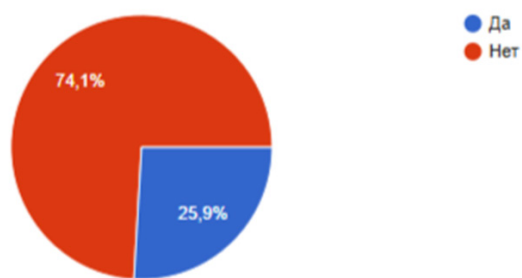


Рис. 7. Результаты вопроса «Приходилось ли Вам быть инициатором буллинга в университете?» (из анкетирования для студентов ВО)

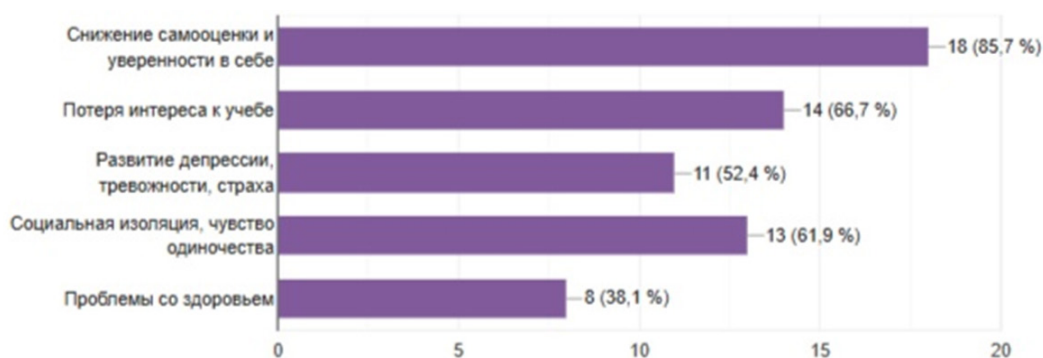


Рис. 8. Результаты вопроса «Какие последствия буллинга наиболее серьезны для жертвы?»

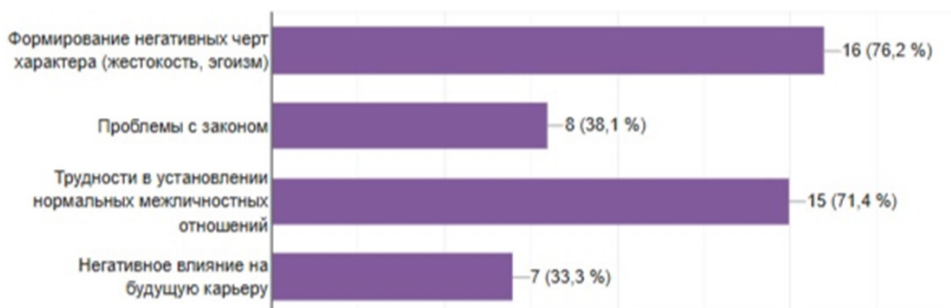


Рис. 9. Результаты вопроса «Какие последствия для инициатора травли Вы считаете наиболее вероятными?»

выяснить, что последствия травли для жертвы несут крайне негативный характер, выражающийся в разных аспектах. Студенты ВО и СПО примерно в одинаковой динамике ответили на данный вопрос, посчитав практически все последствия достаточно серьезными проблемами. Но самыми частыми ответами стали утверждения о том, что травля в первую очередь влияет на снижение самооценки, а также на интерес к обучению.

Приблизительно одинаковые ответы дали

опрашиваемые разных форм образования на вопрос о последствиях травли для ее инициатора. Формирование отрицательных черт характера и сложности в последующем установлении отношений с окружающими являются наиболее весомыми проблемами для агрессоров.

Говоря о методах предотвращения буллинга в студенческой среде, опрашиваемые выбирали различные способы, среди которых трудно выделить один, наиболее практичный. Полученные результаты позволяют рассматривать про-

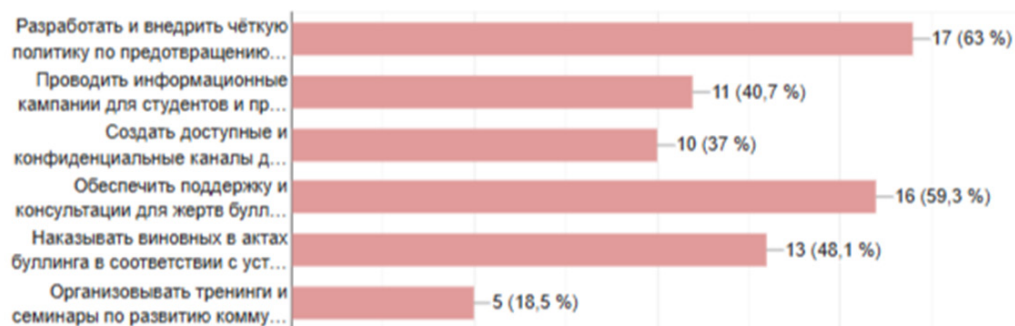


Рис. 10. Результаты вопроса «Какие меры необходимо предпринять для эффективной борьбы с буллингом в студенческой среде?»

филактику буллинга как системный элемент образовательной политики учебного учреждения. Эффективность противодействия травле связана с формированием безопасной коммуникативной среды и развитием культуры межличностного взаимодействия студентов [2].

Буллинг в студенческой среде следует рассматривать как показатель состояния социально-психологического климата образовательной организации. Проведенное исследование показывает, что буллинг в студенческой среде связан с особенностями внутригруппового взаимодей-

ствия обучающихся и отражает состояние социально-психологического климата образовательного коллектива. Сопоставление ответов студентов высшего и среднего профессионального образования позволило выявить различия в частоте и формах проявления травли, что указывает на влияние образовательной среды на характер межличностных отношений. Полученные результаты позволяют рассматривать профилактику буллинга как одно из направлений формирования безопасного образовательного пространства вуза.

Литература

1. Барбина, В.Д. Проблемы буллинга в образовательной среде / В.Д. Барбина, Г.В. Слепухина // Modern Science. – 2019. – № 12-2. – С. 326–330.
2. Бочавер, А.А. Кибербуллинг: травля в пространстве современных технологий / А.А. Бочавер, К.Д. Хломов // Психология. Журнал высшей школы экономики. – 2014. – Т. 11. – № 3.
3. Горлова, И.Ю. Буллинг в образовательных учреждениях / И.Ю. Горлова, О.З. Кузнецова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2019. – № S6. – С. 8.

References

1. Barbina, V.D. Problemy bullinga v obrazovatelnoj srede / V.D. Barbina, G.V. Slepukhina // Modern Science. – 2019. – № 12-2. – S. 326–330.
2. Bochaver, A.A. Kiberbulling: travlya v prostranstve sovremennykh tekhnologij / A.A. Bochaver, K.D. Khlomov // Psikhologiya. Zhurnal vysshej shkoly ekonomiki. – 2014. – T. 11. – № 3.
3. Gorlova, I.YU. Bulling v obrazovatelnykh uchrezhdeniyakh / I.YU. Gorlova, O.Z. Kuznetsova // Elektronnij nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2019. – № S6. – S. 8.

© Н.В. Каменец, Р.П. Павленков, П.Е. Буцик, 2026

ДИАГНОСТИКА СОЦИАЛЬНО-КОММУНИКАТИВНОГО РАЗВИТИЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ: МЕТОДИКИ И ОПРОСНИКИ

О.Д. КУЛЕШОВА, А.С. ЛЬВОВА

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»,
г. Москва*

Ключевые слова и фразы: социально-коммуникативное развитие; диагностики; методики; опросники; коммуникация; социальный интеллект; коммуникация.

Аннотация: В статье представлены описание диагностик социально-коммуникативного развития младших школьников и авторский опросник по знаниям в области коммуникации, которые были успешно апробированы в московской школе. Цель данного исследования состоит в выявлении эффективных диагностик социально-коммуникативного развития младших школьников: методик и опросников. Перед авторами стояли следующие задачи: проанализировать существующие диагностики (методики и опросники) социально-коммуникативного развития младших школьников; отобрать наиболее перспективные диагностики (методики и опросники); апробировать их в образовательной организации; выявить наиболее эффективные для социально-коммуникативного развития младших школьников. Гипотеза данного исследования базируется на предположении о том, что отобранные диагностики (методики и опросники) являются эффективными при определении уровня социально-коммуникативного развития младших школьников. В качестве методов исследования были использованы: обзор литературы, анализ, синтез, тестовые диагностики. В ходе исследования были достигнуты следующие результаты: разработан авторский опросник по знаниям в области коммуникации; выявлены эффективные диагностики (методики и опросники) по социально-коммуникативному развитию младших школьников; успешно апробированы методики и опросники по социально-коммуникативному развитию младших школьников.

Успешность личности младшего школьника обусловлена комплексом психологических, педагогических, социальных факторов. Важность формирования и совершенствования социально-коммуникативного развития отмечается в ФГОС НОО: «аргументировать и обосновывать свою позицию, задавать вопросы, необходимые для организации собственной деятельности и сотрудничества с партнером» [4]. Из этого следует, что перед школой стоит задача сформировать у младшего школьника способность к взаимодействию, разрешению конфликтов, выражению собственных мыслей и сотрудничества, ведь в XXI в. важными являются навыки командной работы и эффективной коммуникации, эмпатия. Младший школьный возраст является сензитивным периодом для

формирования данных навыков, а своевременная диагностика позволит выявить дефициты и целенаправленно работать над их развитием и совершенствованием. Поэтому выделяется важность анализа существующих диагностик исследования и выявления наиболее перспективных и эффективных для социально-коммуникативного развития младших школьников в поликультурной образовательной среде.

Для определения социально-коммуникативного развития младших школьников Л.Н. Булыгина рекомендует выделять следующие уровни становления социально-коммуникативной компетентности:

- 1 уровень – рецептивный;
- 2 уровень – конформный;
- 3 уровень – репродуктивный;

- 4 уровень – продуктивный;
- 5 уровень – креативный [2, с. 32–33].

Авторами данной статьи были совмещены уровни становления социально-коммуникативной компетентности Л.Н. Булыгиной и уровневый подход (низкий, средний и высокий уровни), так как последний для начальной школы более удобен, прост в использовании и нагляден. Низкий уровень (рецептивный) характеризует ребенка, который испытывает трудности в установлении и поддержании контакта с собеседниками. Ребенок со средним уровнем (конформный и репродуктивный) функционирует в социальной среде, но может испытывать некоторые трудности в сложных или новых ситуациях. Высокий уровень (продуктивный и креативный) характерен для детей, проявляющих лидерские качества, инициативу и успешность в коммуникации.

Рассмотрим диагностики, апробированные в 2021–2022 уч. г. в московской школе, которые можно использовать для определения социально-коммуникативного развития младших школьников. В эксперименте приняли участие 347 обучающихся 2 класса (5 классов экспериментальной группы и 5 классов контрольной группы). Отбор участников эксперимента был представлен естественной выборкой. Преимущества выбранных диагностик, опросников и методик состояли в том, что они не требуют специальной подготовки для учителей начальных классов и могут быть использованы в профессиональной деятельности.

Разработан авторский опросник по знаниям в области коммуникации, который включает знания из трех областей (диалог, вежливая речь и общение). Опросник содержит 9 вопросов, которые составлены в форме диалога-дискуссии известных младшим школьникам сказочных героев: Кота Леопольда, Карлсона, Буратино и Чиполлино. Задача младших школьников: побывать членом жюри в передаче «Самый умный» и определить героя, ответы которого им кажутся наиболее правильными. Опросник состоит из трех раундов.

Раунд 1 – «Вежливая речь» (состоит из двух вопросов):

- 1) Определение вежливой речи (ответ закрытого типа);
- 2) Соединение вежливых слов с верным классом (приветствие, прощание, извинение,

просьба, благодарность).

Раунд 2 – «Общение» (составляет пять вопросов):

- 1) Для чего люди общаются друг с другом? (ответ закрытого типа);
- 2) Как и где люди могут общаться друг с другом? (ответ закрытого типа);
- 3) Определить правильную схему общения (ответ закрытого типа);
- 4) Выделить по картинке человека, который испытывает грусть (ответ закрытого типа);
- 5) Определение диалога и монолога.

Раунд 3 – «Диалог» (содержит два вопроса):

- 1) Оценить наиболее верный диалог;
- 2) Необходимо определить, кто из героев был неправ и почему (соотносится с первым вопросом 3 раунда).

Все картинки в данном опроснике были сгенерированы авторами с помощью приложения «Шедевр» и не нарушают авторских прав. Представим авторский опросник по знаниям в области коммуникации ниже.

Инструкция: тебя пригласили на передачу «Самый умный» в качестве жюри. В передаче принимали участие такие герои, как кот Леопольд, Карлсон, Буратино и Чиполлино. Помоги определить, кто из героев победил.

Раунд 1. «ВЕЖЛИВАЯ РЕЧЬ»

1. Героям задали первый вопрос: «Какую речь можно назвать вежливой? Кто из участников представил наиболее полный и правильный ответ? Обведи цифру.

1) *Кот Леопольд*: Вежливая речь – это речь правильная, грамотная, в которой используют «волшебные слова».

2) *Карлсон*: Вежливая речь – это речь, в которой мы говорим друг другу только «Привет» и «До свидания».

3) *Буратино*: Вежливая речь – это речь, когда ты говоришь спокойно.

4) *Чиполлино*: Вежливая речь – это речь, в которой мы используем все «волшебные слова».

2. Участникам предложили соединить «волшебные слова» с группой. Герои обратились за помощью к жюри. В левом столбце написаны вежливые слова, а в правом – группа. Соедини стрелками вежливое слово с какой-либо группой.

привет	приветствие
до свидания	
прости	прощание
здравствуй	
принеси, пожалуйста	извинение
спасибо	
извините	просьба
спокойной ночи	
пока	
доброе утро	
благодарю	благодарность
сделайте, пожалуйста	
будьте добры	

Раунд 2. «ОБЩЕНИЕ»

3. Участникам задали вопрос: «Для чего люди общаются друг с другом?». Кто из героев ответил наиболее правильно и полно? Обведи цифру.

1) *Кот Леопольд*: Люди общаются для того, чтобы получить информацию, обменяться друг с другом знаниями, передать настроение или эмоцию.

2) *Карлсон*: Люди общаются для того, чтобы попросить что-то.

3) *Буратино*: Люди общаются только для того, чтобы делиться друг с другом впечатле-

ниями.

4) *Чиполлино*: Люди общаются для того, чтобы им не было скучно.

4. Участникам задали вопрос: «Как и где люди могут общаться друг с другом?». Кто из героев ответил наиболее правильно и полно? Обведи цифру.

1) *Кот Леопольд*: Человек может общаться с другими людьми только в школе и на улице.

2) *Карлсон*: Человек может общаться с большим количеством других людей, группами, парами в школе, на улице, дома, в общественных местах.

3) *Буратино*: Человек может общаться с другом в школе, на улице, дома, в общественных местах.

4) *Чиполлино*: Человек может общаться с другом или несколькими друзьями, где захочет.

5. Участникам предложили такое задание: «Представьте в виде схемы общение ДВУХ людей». Кто из героев представил схему общения наиболее полно и правильно? Обведи цифру (рис. 1).

6. Участникам предложили по картинке определить человека, которому грустно. Герои обратились за помощью к жюри. Помогите участникам найти картинку, которая изображает грусть человека. Обведи цифру (рис. 2).



Рис. 1. Представьте в виде схемы общение ДВУХ людей



Рис. 2. Определи человека, которому грустно

7. Каждый участник вытаскивал карточку с понятием. Героям предложили дать определение. Кто из героев дал правильный ответ? Обведи цифру.

1) *Кот Леопольд*: Монолог – разговор одного лица.

2) *Карлсон*: Диалог – игра.

3) *Буратино*: Диалог – разговор с самим собой.

4) *Чиполлино*: Монолог – разговор нескольких лиц.

Раунд 3. «ДИАЛОГ»

8. Участникам предложили составить диалог друг с другом на тему «Звонок другу с целью узнать домашнее задание». Отметь, у кого получилось наиболее грамотно. Обведи цифру.

1) Диалог 1:

Кот Леопольд: Алло, здравствуй, Буратино. Это кот Леопольд. У тебя есть несколько минут? Я бы хотел тебе задать вопрос о домашнем задании.

Буратино: Алло, здравствуй, кот Леопольд. Да, есть. Чем я могу тебе помочь?

Кот Леопольд: Подскажи пожалуйста, что нам задали по математике?

Буратино: Нам задали № 1 на странице 19.

Кот Леопольд: Большое тебе спасибо! Увидимся завтра! До скорой встречи!

Буратино: До свидания, кот Леопольд.

2) Диалог 2:

Карлсон: Привет, Чиполлино. Мне нужно узнать у тебя домашнее задание по математике. Очень выручишь, дружище.

Чиполлино: Привет, Карлсон. Номер 1 на странице 19. Это все, что ты хотел?

Карлсон: Да, это все. Пока.

Чиполлино: Пока.

9. Ответь на вопросы. Обведи цифру.

А. Кто допустил ошибку?

1) Кот Леопольд и Буратино

2) Карлсон и Чиполлино

Б. Что было неверно в диалоге?

1) неправильно (невежливо) составлена просьба;

2) участники неверно представились друг другу;

3) герои обзывали друг друга;

4) участники не слышали друг друга.

После проведения опросника определяется уровень. Высокий уровень (продуктивный и креативный) – ответили верно на 8–10 вопро-

сов / допустили 1–2 ошибки. Средний уровень (конформный и репродуктивный) – ответили верно на 5–7 вопросов / допустили 3–4 ошибки. Низкий уровень (рецептивный) – ответили верно на 0–4 вопроса / допустили более 5 ошибок.

Данный опросник был понятен младшим школьникам и соответствовал УМК «Школа России» и «Перспектива», по которым обучались школьники второго класса.

Следующая была апробирована методика «Эмоциональные лица» (М.М. Семаго, Н.Я. Семаго), в которой предлагается определить по картинке эмоцию, причем картинки разного типа (в виде схемы и фотографии; отдельно для мальчиков и девочек). Определение и «считывание» эмоций является необходимым для построения коммуникации с собеседниками, проявления эмпатии и использования верных невербальных средств.

Оценивается по уровням. Низкий уровень (рецептивный) – ребенок плохо понимает эмоции и не может их назвать. Средний уровень (конформный и репродуктивный) – младший школьник знает эмоции, но возникают трудности в определении. Высокий уровень (продуктивный и креативный) – ребенок знает и верно определяет эмоции. Методика была успешно апробирована в экспериментальной и контрольной группах у обучающихся вторых классов.

Третья диагностика была по методике Т.В. Артемьевой «Забавные сюжеты» и посвящена определению чувства юмора у младших школьников, который хоть и не является необходимым и обязательным условием для эффективной коммуникации, но формирует «позитивное» мышление у детей, что является важным в современных реалиях. В данную методику входят девять сюжетов, задача младших школьников – разрешить каждую ситуацию наиболее позитивно. Т.В. Артемьева предлагает классифицировать юмор по трем факторам: эмоционально-негативный компонент или падение (низкий уровень – рецептивный), когнитивный компонент или образное несоответствие (средний уровень – конформный и репродуктивный), эмоционально-позитивный компонент или взаимодействие (высокий уровень – продуктивный и креативный). Авторами данной статьи при апробации методики «Забавные сюжеты» был добавлен четвертый компонент – отсутствие чувства юмора, который можно отнести также к низкому уровню. Добавлен этот компонент на основании ответов детей.

Таким образом, данные методики и опросники являются эффективными при определении социально-коммуникативного развития младших школьников и успешно прошли апробацию в московской школе. Гипотеза данного иссле-

дования подтвердилась. Описанные диагностики помогут учителям определить уровень социально-коммуникативного развития младших школьников, выявить трудности и начать целенаправленную работу по их устранению.

Литература

1. Артемьева, Т.В. Диагностика юмора у детей : учеб. пособие / Т.В. Артемьева. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 52 с.
2. Булыгина, Л.Н. О формировании коммуникативной компетентности подростков в школьном обучении: из опыта работы / Л.Н. Булыгина // Образование и наука. – 2013. – № 3. – С. 26–37.
3. Кулешова, О.Д. Развитие социально-коммуникативной компетентности младших школьников в поликультурной образовательной среде / О.Д. Кулешова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2023. – № 8(149). – С. 17–19.
4. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 286 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования» [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7-%E2%84%96286-%D0%BE%D1%82-31.05.2021-%D0%A4%D0%93%D0%9E%D0%A1_%D0%9D%D0%9E%D0%9E.pdf.
5. Физиологические основы памяти. Развитие памяти у детей и подростков. – Казань : КФУ, 2015. – 40 с.

References

1. Artemeva, T.V. Diagnostika yumora u detej : ucheb. posobie / T.V. Artemeva. – Kazan : Izd-vo Kazan. un-ta, 2018. – 52 s.
2. Bulygina, L.N. O formirovanii kommunikativnoj kompetentnosti podrostkov v shkolnom obuchenii: iz opyta raboty / L.N. Bulygina // Obrazovanie i nauka. – 2013. – № 3. – S. 26–37.
3. Kuleshova, O.D. Razvitie sotsialno-kommunikativnoj kompetentnosti mladshikh shkolnikov v polikulturnoj obrazovatelnoj srede / O.D. Kuleshova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2023. – № 8(149). – S. 17–19.
4. Prikaz Ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federatsii ot 31.05.2021 № 286 «Ob utverzhdenii federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta nachalnogo obshchego obrazovaniya» [Electronic resource]. – Access mode : https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7-%E2%84%96286-%D0%BE%D1%82-31.05.2021-%D0%A4%D0%93%D0%9E%D0%A1_%D0%9D%D0%9E%D0%9E.pdf.
5. Fiziologicheskie osnovy pamyati. Razvitie pamyati u detej i podrostkov. – Kazan : KFU, 2015. – 40 s.

© О.Д. Кулешова, А.С. Львова, 2026

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЮРЕМНОЙ СУБКУЛЬТУРЫ НА РАЗЛИЧНЫЕ КАТЕГОРИИ ОСУЖДЕННЫХ К ЛИШЕНИЮ СВОБОДЫ

И.Н. КУРКИНА, С.А. ГРЯЗНОВ, М.И. КУЗНЕЦОВ, А.Н. ЛОМАКИНА

*ФКОУ ВО «Владимирский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Владимир;*

*ФКОУ ВО «Самарский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Самара;*

*ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Рязань;*

*Владимирский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации»,
г. Владимир*

Ключевые слова и фразы: тюремная субкультура; осужденные к лишению свободы; тюремная иерархия; исправительное учреждение; воспитательная работа; средства исправления.

Аннотация: Целью представленной статьи является анализ особенностей негативного влияния тюремной субкультуры на различные категории осужденных. К задачам статьи относятся: характеристика наиболее опасных проявлений тюремной субкультуры среди осужденных; выявление возникающих под влиянием тюремной субкультуры сложностей в реализации воспитательной работы; определение направлений для борьбы с распространением влияния тюремной субкультуры. Гипотеза статьи: тюремная субкультура оказывает негативное влияние на разные категории осужденных, препятствуя реализации основной цели отбывания наказания – исправление лиц, лишенных свободы; для противодействия данному явлению необходимо вести комплексную профилактическую работу, направленную на предупреждение данного явления. Используя методы анализа литературы, причинно-следственного анализа изучаемых явлений, авторами статьи выявлены наиболее опасные проявления тюремной субкультуры и их влияние на различные категории осужденных к лишению свободы.

В период отбывания наказания в виде лишения свободы каждый осужденный в той или иной мере знакомится с традициями и «правилами» тюремной субкультуры, которая формирует у лиц, лишенных свободы, неправильное восприятие общественных отношений. Воздействие тюремной субкультуры на осужденного напрямую зависит от трех составляющих: личные убеждения и уровень развития интеллекта; окружение осужденного в период отбывания наказания; воспитательная и профилактическая работа, ориентированная на исправление осужденного и подготовку его к жизни после освобождения.

Представим наиболее опасные проявления тюремной субкультуры, мешающие процессу ресоциализации осужденных.

1. Тюремная иерархия среди осужденных, которая базируется на авторитете сильного и полностью исключает реализацию принципов, заложенных в Конституции РФ, к примеру, равенство всех перед законом. Основную опасность представляет борьба за власть между тюремными авторитетами, в ходе которой могут совершаться различные противоправные деяния [1]. Осужденные, не входящие в «привилегированный класс», как правило, либо стремятся попасть в него, либо бояться ему

противодействовать. Как отмечает Э.В. Заутова, нередко тюремные авторитеты в открытую противопоставляют себя администрации исправительного учреждения, ставя осужденных перед выбором – либо выполнить требования администрации, либо требования авторитетов [2]. На контрасте с «привилегированным классом» целесообразно рассмотреть осужденных с низким социальным уровнем. Сам факт попадания туда используется как средство воздействия на других осужденных. В среде осужденных они практически бесправны: выполняют самую грязную работу, могут стать объектами сексуального и иных видов насилия, другие осужденные могут их ограничивать в еде и т.п. Унизительное отношение к определенной категории осужденных зачастую приводит к тому, что столкнувшись с проявлениями тюремной субкультуры, они могут пойти на преступление, либо совершить суицид.

2. Вторым примером негативного влияния тюремной субкультуры на осужденных является «поведенческая составляющая»: поведение с представителями администрации исправительного учреждения и поведение в среде осужденных. Осужденные, придерживающиеся тюремной субкультуры в своем поведении, как правило, не скрывают своих убеждений, а, напротив, ведут себя демонстративно, опираясь на тюремную иерархию и общепринятых в кругу осужденных авторитетов. Среди указанных лиц можно выделить три основные категории: 1) узкий круг тюремных авторитетов, которые, несмотря на свое явное отношение к тюремной иерархии, практически не допускают нарушений установленного порядка отбывания наказания, при этом именно указанными лицами осуществляется общее руководство осужденными; 2) достаточно большое количество осужденных, активно пропагандирующих тюремную субкультуру, их манера поведения носит демонстративно-агрессивный характер. Данная группа осужденных не боится вступать в конфронтацию с администрацией исправительных учреждений, часто используют манипуляции и шантаж в отношении сотрудников. В общении с другими осужденными стараются доминировать, пытаясь навязывать тюремные ценности и тюремные обычаи. Основная цель демонстративного поведения указанных лиц – власть, признание и ресурсы, которыми обладает «элита» тюремной субкультуры; 3) встречается также категория осужденных, которые принимают

традиции тюремной субкультуры, не противодействуют им, а в отдельных случаях способствуют ее продвижению. Здесь стоит обратить внимание, что указанная категория осужденных при общении с сотрудниками администрации, а также при личном общении могут избегать элементов тюремной субкультуры, выполнять законные требования администрации и даже положительно характеризоваться. В то же время, по указанию первой и второй из описанных нами категорий, они могут пойти на совершение не только злостного нарушения установленного порядка отбывания наказаний, но и даже преступления [4].

3. Третьим примером влияния тюремной субкультуры на осужденных является сложность реализации воспитательной работы, поскольку любые средства исправления воспринимаются осужденными негативно: соблюдение осужденными, пропагандирующими криминальную субкультуру, установленного порядка исполнения и отбывания наказания (режим) часто воспринимается как необязательный элемент, вследствие чего большинство лиц указанной категории признаны злостными нарушителями отбывания наказания, они не воспринимают воспитательных мероприятий. Вывод осужденных, активно продвигающих криминальную субкультуру, на производственные участки может быть сопряжен с тем, что, используя инфраструктуру производственной зоны и оборудование, ими могут изготавливаться запрещенные предметы или подготавливаться база для совершения каких-либо преступлений.

Таким образом, опасность тюремной субкультуры заключается в следующих аспектах:

– существующая иерархия осужденных подразумевает ущемление прав и свобод одних осужденных и создание вольготных условий для других осужденных;

– тюремная субкультура является противовесом законодательству Российской Федерации и часто осужденные, поддерживающие ее идеи, являются инициаторами и исполнителями преступлений;

– существование тюремной субкультуры на территории исправительного учреждения может поставить под сомнение эффективность проведения любой воспитательной работы с осужденными, вследствие чего не будут достигнуты цели уголовно-исполнительного законодательства, то есть осужденные не встанут на

путь исправления и не прекратят свою противоправную деятельность;

– существование на территории исправительного учреждения большого количества осужденных, пропагандирующих тюремную субкультуру, может привести к тому, что администрация исправительного учреждения будет не в состоянии реализовывать свои прямые обязанности.

Без осознания опасности тюремной субкультуры невозможно не только эффективно реализовывать воспитательную работу с осужденными, но и обеспечить нормальное функци-

онирование исправительных учреждений.

Для борьбы с распространением влияния тюремной субкультуры администрации исправительного учреждения необходимо систематически проводить с осужденными разъяснительную работу, беседы и лекции об опасности данного явления.

Осужденных, признанных дисциплинарной комиссией лицами пропагандирующими, поддерживающими либо распространяющими идеи и традиции тюремной (криминальной) субкультуры, необходимо изолировать от других категорий осужденных.

Литература

1. Дьячков, А.А. Ответственность за занятие высшего положения в преступной иерархии / А.А. Дьячков // Молодежь. Наука. – Тольятти : Тольяттинский государственный университет, 2021. – С. 830.
2. Зауторова, Э.В. Проявление агрессивности у лиц, занимающих привилегированное положение в среде осужденных / Э.В. Зауторова // Актуальные вопросы теории и практики привлечения к уголовной ответственности лиц, занимающих высшее положение в преступной иерархии : сборник трудов межведомственной научно-практической конференции, Академия управления МВД России, 12 октября 2023 года. – М. : Академия управления МВД России, 2023. – С. 91.
3. Котляров, А.А. Воспитательная работа с осужденными в учреждениях уголовно-исполнительной системы Российской Федерации / А.А. Котляров // Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право. – 2022. – № 5(209). – С. 107–109.
4. Рудяков, А.А. Предупреждение криминальной активности лидеров и авторитетов преступной среды / А.А. Рудяков // Приднепровский научный вестник. – 2022. – Т. 2. – № 12. – С. 94.
5. Соколова, Ю.А. Анализ особенностей воспитательного воздействия на осужденных, отбывающих наказание в виде лишения свободы / Ю.А. Соколова, А.Н. Ломакина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(181). – С. 105–107.

References

1. Dyachkov, A.A. Otvetstvennost za zanyatie vysshego polozheniya v prestupnoj ierarkhii / A.A. Dyachkov // Molodezh. Nauka. – Tolyatti : Tolyattinskij gosudarstvennij universitet, 2021. – S. 830.
2. Zautorova, E.V. Proyavlenie agressivnosti u lits, zanimayushchikh privilegirovannoe polozhenie v srede osuzhdennykh / E.V. Zautorova // Aktualnye voprosy teorii i praktiki privlecheniya k ugolovnoj otvetstvennosti lits, zanimayushchikh vysshee polozhenie v prestupnoj ierarkhii : sbornik trudov mezhdedomstvennoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Akademiya upravleniya MVD Rossii, 12 oktyabrya 2023 goda. – M. : Akademiya upravleniya MVD Rossii, 2023. – S. 91.
3. Kotlyarov, A.A. Vospitatelnaya rabota s osuzhdennymi v uchrezhdeniyakh ugolovno-ispolnitelnoj sistemy Rossijskoj Federatsii / A.A. Kotlyarov // Ugolovnoe pravo i kriminologiya; ugolovno-ispolnitelnoe pravo. – 2022. – № 5(209). – S. 107–109.
4. Rudyakov, A.A. Preduprezhdenie kriminalnoj aktivnosti liderov i avtoritetov prestupnoj sredy / A.A. Rudyakov // Pridneprovskij nauchnij vestnik. – 2022. – T. 2. – № 12. – S. 94.
5. Sokolova, YU.A. Analiz osobennostej vospitatelnogo vozdejstviya na osuzhdennykh, otbyvayushchikh nakazanie v vide lisheniya svobody / YU.A. Sokolova, A.N. Lomakina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 10(181). – S. 105–107.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОЛЛЕКТИВА СОТРУДНИКОВ ИСПРАВИТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ В РАМКАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСУЖДЕННЫХ К ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКАМ ЛИШЕНИЯ СВОБОДЫ

И.Н. КУРКИНА, С.А. ГРЯЗНОВ, М.И. КУЗНЕЦОВ, Ю.А. СОКОЛОВА

*ФКОУ ВО «Владимирский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Владимир;*

*ФКОУ ВО «Самарский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Самара;*

*ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Рязань;*

*ФКОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова и фразы: педагогическая деятельность; исправительное учреждение; коллектив сотрудников исправительного учреждения; осужденные к лишению свободы; длительные сроки лишения свободы; обучение и трудовая деятельность; воспитательные мероприятия; социальные связи; программа probation.

Аннотация: Целью представленной статьи являются анализ проблем реализации воспитательных мероприятий в рамках педагогической деятельности коллектива сотрудников исправительного учреждения и определение основных направлений совершенствования работы с осужденными к длительным срокам лишения свободы. К задачам статьи относятся: выявление основных проблемных аспектов, возникающих в процессе ресоциализации данной категории осужденных; определение причин возникновения трудностей в педагогической деятельности сотрудников исправительного учреждения и разработка направлений по ее совершенствованию. Гипотеза статьи: существующие в педагогической деятельности сотрудников проблемные аспекты при работе с осужденными к длительным срокам лишения свободы возможно решить совместными усилиями всего коллектива исправительного учреждения. Используя методы анализа литературы, анкетирования и беседы, авторами статьи выявлены наиболее проблемные направления в педагогической деятельности сотрудников исправительного учреждения и предложены пути ее совершенствования.

В настоящее время, несмотря на гуманизацию уголовного законодательства, суды продолжают выносить приговоры к длительным срокам отбывания наказания в достаточно большом количестве [1]. Особая роль в ресоциализации данной категории лиц, лишенных свободы, отводится педагогическому коллективу сотрудников. Анализируя эффективность педагогической деятельности с осужденными к длительным срокам лишения свободы в исправительных учреждениях УФСИН России по

Владимирской области, нами было проведено исследование, позволившее выявить ряд проблемных аспектов, возникающих в процессе ресоциализации данной категории осужденных. К основным из них следует отнести: профессиональное обучение, проведение воспитательных мероприятий и их качество, недостаток общения с «внешним миром». В ходе бесед и анкетирования осужденных выявлена следующая тенденция: обучение и трудовая деятельность помогают в последующей ресоциализации и

адаптации в социуме, поиске новой работы по полученному в исправительном учреждении образованию, либо возвращении в прежнюю сферу деятельности, поскольку благодаря квалифицированной педагогической работе коллектива сотрудников не были утрачены профессиональные навыки. В то же время было отмечено, что перечень профессий, доступных для обучения, не дает возможности осужденным раскрыть свои возможности и получить желаемую специальность.

Следующим проблемным аспектом выявлено проведение воспитательных мероприятий. Осужденные отметили недостаточное, на их взгляд, количество и качество культурных и художественных мероприятий. На этот момент сотрудникам следует обратить внимание, поскольку данные мероприятия развивают духовный мир человека, что дает возможность коллективу сотрудников эффективно воздействовать на осужденного в положительном ключе.

Сотрудники оценивают воспитательные мероприятия достаточно высоко, так как уверены, что проводят все качественно и согласно закону. Но некоторые из них все же выделили такие проблемы в педагогической деятельности, как нехватка ресурсов и оборудования, а также отсутствие интереса со стороны осужденных.

Еще один проблемный аспект – это недостаток общения, по мнению осужденных, с «внешним миром» и свободного времени. Необходимо отметить, что сотрудники знают об этом, но действуют согласно правилам внутреннего распорядка, которые уже предусматривают определенное время для занятий осужденными своими личными делами. По мнению начальников отрядов, наличие у лиц, лишенных свободы на длительный срок, свободного времени приводит к увеличению количества совершаемых правонарушений, поэтому дополнительного личного времени администрация для осужденных не предусматривает. Анализируя ответы на тест сотрудников исправительных учреждений УФСИН России по Владимирской области, можно отметить такие проблемные аспекты, как нехватка ресурсов и времени для более частого проведения индивидуальной работы с осужденными, отсутствие интереса со стороны осужденных к воспитательным мероприятиям, также сотрудники считают, что далеко не все осужденные в полной мере вовлечены в данные мероприятия. Ряд сотрудников отметили такую

проблему, как травматизм среди осужденных, некоторые из них регулярно нарушают правила безопасности. Чтобы решить данную проблему, необходимо проводить больше инструктажей по технике безопасности на производстве, показывать наглядные примеры неаккуратного обращения с инструментами.

Для оптимизации работы с осужденными, в случае если они заняты на работах и не всегда удастся провести с ними воспитательные мероприятия в спланированное время, необходимо предусмотреть варианты проведения воспитательных и других мероприятий в личное время осужденных, если они сами стремятся к этому. Что касается заинтересованности осужденных в воспитательных мероприятиях, профессиональном обучении и трудовой деятельности, представляется необходимым не только применять принудительные меры воздействия, но и прорабатывать разные способы их мотивации [2].

В ходе наблюдения и общения с сотрудниками и осужденными исправительных учреждений выявился такой проблемный аспект, как отсутствие социальных связей у осужденных к длительным срокам лишения свободы, поскольку большинство из них входит в возрастную категорию «45+» и большую часть своей жизни они провели в местах лишения свободы. Конечно, с данной категорией осужденных коллективу сотрудников необходимо проводить больше индивидуальных бесед, привлекать сотрудников психологической службы, уделять внимание вопросам их жизни после освобождения, предлагать участие в программах реабилитации.

Большинство из анкетированных осужденных к длительным срокам лишения свободы отмечали, что испытывают психологические проблемы с принятием того, что им придется находиться достаточно длительное время в исправительном учреждении, также они выражали неуверенность в том, что их кто-то будет ждать «на свободе». Педагогическому коллективу сотрудников необходимо регулярно беседовать с такими осужденными, узнавать их проблемы и эмоциональное состояние, помогать справляться с данными проблемами.

Нередко лиц, осужденных к длительным срокам лишения свободы, приходится оповещать о смерти родственников, близких им людей. В такие периоды за осужденным требуется хоть и ненавязчивое, но в то же время особое внимание, так как бывают случаи, когда он может причинить себе вред или совершить какое-

либо правонарушение.

Подводя итоги, необходимо отметить, что существуют различные проблемы, о которых мы уже говорили ранее, все они мешают педагогическому процессу в исправительном учреждении, который в той или иной мере осуществляют все сотрудники. Большинство из этих проблем можно решить в ближайшем будущем, для решения других необходимо больше сил и

времени. Сотрудники ежедневно выполняют свои должностные обязанности в плане педагогической работы, стараются найти пути решения возникающих проблем, не допустить появления новых. Это очень важная и сложная задача, поскольку осужденным к длительным срокам лишения свободы тяжело найти свое место в обществе и социализироваться после освобождения.

Литература

1. Суслов, Ю.Е. Длительный срок отбывания наказания как психологическая проблема в уголовно-исполнительной системе Российской Федерации / Ю.Е. Суслов // Пенитенциарная наука. – 2021. – Т. 15. – № 1(53). – С. 117–124. – DOI: 10.46741/2686-9764-2021-15-1-117-124.
2. Степанова, Е.С. Ресоциализация осужденных к длительным срокам лишения свободы / Е.С. Степанова, Е.В. Распопин // Психология сегодня: актуальные исследования и перспективы : материалы Всероссийского психологического форума : в 2 томах (Екатеринбург, 28–30 сентября 2022 г.). – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. – Том 2. – С. 168–172.
3. Соколова, Ю.А. Анализ особенностей воспитательного воздействия на осужденных, отбывающих наказание в виде лишения свободы / Ю.А. Соколова, А.Н. Ломакина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(181). – С. 105–107.

References

1. Suslov, YU.E. Dlitel'nyj srok otbyvaniya nakazaniya kak psikhologicheskaya problema v ugovolovno-ispolnitel'noj sisteme Rossijskoj Federatsii / YU.E. Suslov // Penitentsiarnaya nauka. – 2021. – T. 15. – № 1(53). – S. 117–124. – DOI: 10.46741/2686-9764-2021-15-1-117-124.
2. Stepanova, E.S. Resotsializatsiya osuzhdennykh k dlitel'nyim srokam lisheniya svobody / E.S. Stepanova, E.V. Raspopin // Psikhologiya segodnya: aktualnye issledovaniya i perspektivy : materialy Vserossijskogo psikhologicheskogo foruma : v 2 tomakh (Ekaterinburg, 28–30 sentyabrya 2022 g.). – Ekaterinburg : Izdatel'stvo Uralskogo universiteta, 2022. – Tom 2. – S. 168–172.
3. Sokolova, YU.A. Analiz osobennostej vospitatelnogo vozdejstviya na osuzhdennykh, otbyvayushchikh nakazanie v vide lisheniya svobody / YU.A. Sokolova, A.N. Lomakina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 10(181). – S. 105–107.

© И.Н. Куркина, С.А. Грязнов, М.И. Кузнецов, Ю.А. Соколова, 2026

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОСУЖДЕННЫХ С АГРЕССИВНЫМИ ФОРМАМИ ПОВЕДЕНИЯ

А.Н. ЛОМАКИНА¹, И.Н. КУРКИНА², Ю.А. СОКОЛОВА³, А.В. ГУДКОВА²

¹ Владимирский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»,
г. Владимир;

² ФКОУ ВО «Владимирский юридический институт Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Владимир;

³ ФКОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: агрессивное поведение; исправление; осужденный; профессиональная деятельность; психолого-педагогическое сопровождение; психолого-педагогическая работа; ресоциализация; сотрудник; уголовно-исполнительная система.

Аннотация: Цель данной статьи – раскрыть основные этапы психолого-педагогического сопровождения осужденных с агрессивными проявлениями в поведении. Задачами статьи являются: определение причин агрессивного поведения осужденных, рассмотрение специфики профессиональной деятельности сотрудников с данной категорией осужденных, выделение проблемных аспектов, препятствующих эффективности их исправления. Гипотеза статьи: психолого-педагогическая работа с осужденными с преобладающими формами агрессивного поведения – это один из этапов их психолого-педагогического сопровождения, это профессиональная деятельность сотрудников исправительного учреждения, связанная с реализацией эффективного инструментария, направленного на формирование конструктивных моделей поведения, снижение уровня агрессии, что положительно скажется на адаптации после освобождения. Используя методы теоретического анализа, наблюдения и анкетирования, авторы статьи отмечают, что психолого-педагогическое сопровождение осужденных с агрессивными формами поведения – это целостный, непрерывный и индивидуализированный процесс, направленный на изучение, коррекцию, профилактику агрессивного поведения в условиях исправительного учреждения через комплексное взаимодействие сотрудников, осуществляющих психолого-педагогический процесс.

Одной из проблем современной пенитенциарной системы является агрессивное поведение осужденных, отбывающих наказание в исправительном учреждении, что создает прямую угрозу безопасности как для сотрудников пенитенциарных учреждений, так и для других осужденных.

Длительное пребывание в местах лишения свободы способствует формированию деструктивных психических состояний у осужденных, которые проявляются в повышенной тревожности, постоянном внутреннем напряжении, в

резких колебаниях настроения, в развитии состояния фрустрации, что создает предпосылки для возникновения аффективных состояний, характеризующихся внезапными и неконтролируемыми агрессивными действиями.

Поиск и применение научно обоснованных коррекционных методов работы с осужденными, у которых преобладают агрессивные формы поведения, – это основа психолого-педагогической работы с ними на всем этапе отбывания наказания.

Психолого-педагогическая работа – это

один из этапов психолого-педагогического сопровождения осужденных с преобладающими формами агрессивного поведения, это профессиональная деятельность сотрудников исправительного учреждения, связанная с реализацией определенного инструментария при взаимодействии с ними. Данный подход будет способствовать формированию у осужденных конструктивных моделей поведения, снижению уровня агрессии, что положительно скажется на адаптации после освобождения.

Для более точного определения методов работы с осужденными, склонными к агрессии, необходимо определить причины такого поведения. С целью анализа особенностей данной группы осужденных и выработки предложений по коррекции их агрессивного поведения были опрошены сотрудники, осуществляющие психолого-педагогическую работу с осужденными в одном из учреждений Владимирской области в количестве 30 человек. По возрасту респонденты распределились следующим образом: 17 % человек до 30 лет, 33 % – от 30 до 40 лет, 27 % – от 41 до 50 лет и 23 % – старше 50 лет. Анализируя стаж работы в уголовно-исполнительной системе (УИС), отметим, что 17 % сотрудников имеют стаж до 5 лет, 33 % сотрудников работают в УИС от 5 до 10 лет, 27 % – от 11 до 20 лет, и 23 % – свыше 20 лет.

Анализ данных, полученных в результате опроса сотрудников, позволил говорить о следующих причинах агрессивного поведения осужденных, отбывающих наказание в местах лишения свободы:

– 70 % сотрудников на первый план выносят индивидуальные, личностные особенности осужденных, а именно: импульсивность, низкий уровень самоконтроля и недостаток навыков разрешения конфликтных ситуаций, а также ранее сформировавшиеся устойчивые стереотипы агрессивного поведения;

– 75 % сотрудников отмечают тот факт, что часто возникающие межличностные конфликты между осужденными отягощены замкнутым пространством, ограниченными возможностями для общения. Конфликты возникают как в среде осужденных, так и с представителями администрации;

– 80 % сотрудников, участвующих в опросе, считают, что психические отклонения – это фактор, повышающий риск агрессивного поведения и непредсказуемости поведения. Ограниченные возможности общения с близкими

и родными увеличивают уровень фрустрации, ухудшают психоэмоциональное состояние, усиливая чувство одиночества и безысходности, а это, в свою очередь, провоцирует склонность к агрессивным реакциям в поведении;

– 95 % сотрудников акцентировали внимание на дополнительных факторах, которые выступают триггерами агрессивного поведения в местах лишения свободы: влияние криминальной субкультуры, конкуренция за дефицитные ресурсы (статусные позиции), правовая неопределенность, недостаток досуговых мероприятий, низкая психолого-педагогическая подготовка сотрудников, осуществляющих воспитательный процесс.

Также результаты опроса сотрудников, осуществляющих воспитательный процесс, позволили выявить проблемные аспекты в рассматриваемом вопросе: наличие у большинства осужденных низкого уровня мотивации к исправлению и коррекции агрессивного поведения, что негативно сказывается на результативности воспитательных мероприятий (70 % сотрудников); высокая эмоциональная нагрузка осужденных ведет к психическим расстройствам, соматическим заболеваниям и, как следствие, к агрессии, апатии или даже суицидальному поведению (65 % сотрудников);

– 85 % сотрудников отмечают тот факт, что высокая загруженность, кадровая нехватка приводит к формальному подходу и существенно ограничивает индивидуализацию в осуществлении воспитательной работы, большинство сотрудников теряют веру в эффективность воспитательных мероприятий.

По итогам проведенного исследования необходимо выделить основные направления психолого-педагогической работы с осужденными, склонными к агрессивным формам поведения, способствующие повышению ее эффективности.

1. Психологическая диагностика, связанная с изучением индивидуально-психологических особенностей личности, с определением типа агрессии, выявлением фоновых психических состояний (депрессии, тревожности, акцентуаций или расстройств личности). Необходимо рассмотреть связь агрессии с преступным поведением в прошлом, определить круг общения, статус в неформальной иерархии, подверженность влиянию, спрогнозировать индивидуальные риски в поведении, которые могут проявиться в конфликтах, нарушениях режима,

в суицидальных попытках.

2. Психокоррекционная работа с осужденными, при осуществлении которой акцент делается на формировании отсутствующих навыков саморегуляции эмоций и агрессивного поведения. Работа ведется в направлении развития эмоционального интеллекта и формирования конструктивных, альтернативных поведенческих стратегий (развитие коммуникативных навыков, навыков решения проблем, работа с деструктивными убеждениями и установками).

3. Психологическое консультирование – это индивидуальная работа или работа в малых группах, направленная на осознание и изменение внутренних причин агрессии (проработка глубинных причин агрессии, формирование альтернативных поведенческих стратегий, принятие ответственности, снижение враждебности к обществу). При реализации данного направления основная роль отводится сотрудникам психологической лаборатории.

4. Психолого-педагогическое просвещение осужденных направлено на формирование у них установок и социальных норм, которые снижают риск агрессивного поведения через демонстрацию «нормы», деструктуризацию криминальных убеждений, повышение психологической грамотности.

Данное направление психолого-педагогической работы может быть реализовано через организацию воспитательных мероприятий, в том числе и в рамках курсов подготовки к освобождению, например, проведение тематических лекций на темы: «Конструктивные и деструктивные способы разрешения конфликтов», «Эмпатия: почему это важно?», «Как работают наши мысли? Связь мыслей, чувств и поступков», просмотр и обсуждение сюжетов, создание информационных стендов и прочее. Психолого-педагогическое просвещение создаст основу для изменений, меняет личностный контекст и мотивирует осужденных на работу над собой.

Отметим, что только в совокупности обозначенные направления психолого-педагогической работы могут привести к устойчивым изменениям личности осужденного с преобладающими формами агрессивного поведения и способствовать его успешной ресоциализации после освобождения из мест лишения свободы.

В рамках психолого-педагогического сопровождения осужденных реализуется не только психолого-педагогическая работа с ними, но

и осуществляется оценка ее эффективности с целью коррекции выявленных недостатков.

Выделим факторы, которые, по мнению сотрудников, участвующих в опросе, будут способствовать повышению эффективности психолого-педагогической работы с осужденными, склонными к агрессивным формам поведения:

- комплексное взаимодействие отделов и служб в рамках исправительного учреждения (85 % сотрудников);

- этапность в осуществлении психолого-педагогического сопровождения данной категории осужденных (92 % сотрудников);

- использование инновационных методов при реализации психокоррекционных программ с данной категорией осужденных (55 % сотрудников);

- повышение квалификации сотрудников, осуществляющих психолого-педагогическое сопровождение данной категории осужденных (65 % сотрудников).

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о наличии в рассматриваемом исправительном учреждении определенной системы воспитательной работы с осужденными, склонными к агрессивному поведению, однако эта система требует дальнейшего совершенствования.

Необходимо развивать профессиональные компетенции сотрудников, внедрять современные методы психолого-педагогической работы, усиливать межструктурное взаимодействие и обеспечивать комплексный подход к решению проблемы агрессивного поведения осужденных.

Только при таких условиях можно рассчитывать на повышение эффективности воспитательной работы и снижение уровня агрессивных проявлений в среде осужденных.

Условием эффективности психолого-педагогического сопровождения осужденных является комплексная и продолжительная работа, в ходе которой агрессивные модели поведения осужденных заменяются просоциальными навыками на основе индивидуального подхода к личности каждого, а психолого-педагогическое сопровождение осужденных с агрессивными формами поведения – это целостный, непрерывный и индивидуализированный процесс, направленный на изучение, коррекцию, профилактику агрессивного поведения в условиях исправительного учреждения через комплексное взаимодействие сотрудников, осуществляющих психолого-педагогический процесс.

Литература

1. Собчик, Л.Н. Психодиагностика и критерии дифференцированного подхода в пенитенциарной психологии / Л.Н. Собчик // Пенитенциарная наука. – 2024. – Т. 18. – № 1(65). – С. 83–93.
2. Соколова, Ю.А. Формирование механизмов психологической защиты у осужденных в условиях исправительного учреждения / Ю.А. Соколова, А.Н. Ломакина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 11(194). – С. 215–218.

References

1. Sobchik, L.N. Psikhodiagnostika i kriterii differentsirovannogo podkhoda v penitentsiarnoj psikhologii / L.N. Sobchik // Penitentsiarnaya nauka. – 2024. – T. 18. – № 1(65). – S. 83–93.
2. Sokolova, YU.A. Formirovanie mekhanizmov psikhologicheskoy zashchity u osuzhdennykh v usloviyakh ispravitelnogo uchrezhdeniya / YU.A. Sokolova, A.N. Lomakina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 11(194). – S. 215–218.

© А.Н. Ломакина, И.Н. Куркина, Ю.А. Соколова, А.В. Гудкова, 2026

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ САМОКОНТРОЛЯ НА ЗАНЯТИЯХ СТУДЕНТОВ

Л.А. ЛОПАТИН¹, Н.В. ВАСЕНКОВ^{2, 3}, Т.П. ШАРЫПОВА³, Л.Э. БИКУЛОВА³

¹ ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
физической культуры, спорта и туризма»;

² ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,

³ Казанский филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия
имени В.М. Лебедева»,
г. Казань

Ключевые слова и фразы: самоконтроль; студенты; функциональная подготовленность; здоровье; физические нагрузки; самостоятельная подготовка; диагностика.

Аннотация: В статье рассматриваются наиболее востребованные студентами методы самоконтроля и диагностики своего физического состояния. Основная цель настоящей работы заключается в изучении распространенности и эффективности различных методов самоконтроля среди учащихся общеобразовательных учреждений и выработке рекомендаций по внедрению самоконтроля в повседневную практику для студентов. Использованы следующие методы: анкетирование, наблюдение, контент-анализ, интервьюирование, статистическая обработка. Исследование проведено со студентами 1, 2 и 3 курсов Казанского государственного энергетического университета и Российского государственного университета правосудия: 354 юноши и 531 девушка. Сделаны выводы: наиболее популярным способом самоконтроля являются регулярные замеры частоты сердечных сокращений, хотя треть учащихся предпочитают ведение дневника самонаблюдения. Студентам необходимы дополнительные консультации преподавателей и врачей для правильной интерпретации результатов самоконтроля.

В настоящее время здоровье населения стало одним из приоритетов общественного внимания. Одной из ключевых составляющих здорового образа жизни является физическая активность, способствующая профилактике многих хронических заболеваний, улучшению настроения и повышению продуктивности труда. Именно поэтому физическое воспитание приобретает особую актуальность в образовательной сфере [1].

Однако достижение высоких результатов в области физической культуры невозможно без умения самостоятельно оценивать свое физическое состояние и управлять нагрузкой. Методы самоконтроля помогают избежать перегрузок, повысить интерес к физическим упражнениям и снизить вероятность возникновения негативных последствий чрезмерных усилий [2; 3].

Самоконтроль важен не только для профессиональных спортсменов, но и для обыч-

ных любителей активного образа жизни, стремящихся поддерживать себя в хорошей форме. Эффективность методов самоконтроля подтверждается многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых, доказавших положительное влияние регулярного наблюдения за собственным здоровьем на спортивный прогресс и качество жизни [4; 5].

Современный ритм жизни диктует высокие требования к организму человека. Увеличиваются учебные и профессиональные нагрузки, растет число психоэмоциональных напряжений, ухудшается экология больших городов. Все это негативно сказывается на состоянии здоровья детей и взрослых. Одним из эффективных инструментов профилактики негативных воздействий среды выступает физическая активность, осуществляемая на регулярной основе и сопровождаемая адекватным контролем нагрузки.

Таблица 1. Предпочтения школьников в выборе способа самоконтроля

Вид самоконтроля	Процент учащихся
Замеры сердечного ритма	46 %
Записи в дневниках самонаблюдения	34 %
Электронные трекеры	20 %

Применение методов самоконтроля дает возможность вовремя заметить признаки усталости, предотвратить травмы и добиться максимальной пользы от тренировок. В последние годы многие специалисты отмечают тенденцию увеличения интереса молодежи к вопросам укрепления здоровья и улучшения внешнего вида посредством занятий спортом. Вместе с тем существует дефицит информации о правильном применении методов самоконтроля и оценке индивидуального прогресса.

Повышение компетентности школьников и студентов в вопросах самостоятельного управления своими тренировочными нагрузками способно существенно повлиять на снижение заболеваемости и формирование устойчивых здоровых привычек.

Основная цель настоящей работы заключается в изучении распространенности и эффективности различных методов самоконтроля среди учащихся общеобразовательных учреждений и выработке рекомендаций по внедрению самоконтроля в повседневную практику для студентов.

При проведении исследования использовался комплексный подход, включавший следующие этапы.

Анкетирование. Был разработан специальный опросник, направленный на выяснение мнения учащихся о значимости самоконтроля, формах его осуществления и предпочтениях.

Наблюдение. Проведение серии уроков физкультуры с фиксацией поведения учащихся во время выполнения упражнений и реакций на задания различной степени сложности.

Контент-анализ дневников самонаблюдения, составленных студентами по предложенной схеме (учет количества повторений, замеры пульса, регистрация ощущений усталости).

Интервьюирование учителей физкультуры и медицинских работников, проводящих профилактику нарушений опорно-двигательного аппарата и общей слабости среди учащихся.

Статистическая обработка данных с применением компьютерной программы *Excel* для выявления корреляций между показателями самоконтроля и уровнем физической подготовки испытуемых.

Методы сбора и обработки информации позволили оценить реальный уровень готовности студентов к самостоятельной оценке своего состояния и разработать практические рекомендации по совершенствованию системы контроля над выполнением заданий по физической подготовке.

Полученные данные показали высокую востребованность подходов к контролю за качеством физической активности. Наибольшее предпочтение ученики отдают следующим видам самоконтроля.

Регулярный мониторинг сердцебиения (замеры ЧСС перед началом и после окончания занятий). Этот метод применяют 46 % обследованных.

Запись результатов в дневники самонаблюдения (фиксируются ощущения усталости, длительность занятий, изменение веса тела). Такой подход используют 34 % учащихся.

Использование специальных электронных устройств (фитнес-браслеты, смарт-часы). К ним обращаются 20 % учащихся.

Табл. 1 наглядно демонстрирует распределение видов самоконтроля среди школьников.

Среди студентов наблюдается значительный разброс мнений касательно удобных форм оценки результатов занятий. Многие высказались о потребности получать дополнительную консультацию педагогов по вопросам правильного подбора комплексов упражнений и дозирования нагрузки.

Наше исследование также выявило прямую зависимость между регулярностью проведения измерений и успешностью овладения спортивными умениями. Учащиеся, регулярно осуществляющие измерение ЧСС и ведущие дневник наблюдений, показывают лучшие ре-

зультаты в тестировании общей выносливости и силы мышц. Они чаще выбирают занятия умеренного характера, лучше адаптируются к высоким нагрузкам и быстрее восстанавливаются после интенсивных тренировок.

Практически половина опрошенных предпочитает отслеживать частоту сердечных сокращений как основной показатель. Данный выбор обусловлен простотой измерения показателя, доступностью специального оборудования и наглядностью полученной информации. Но наряду с преимуществами существуют и ограничения: подростки нередко игнорируют сигналы организма, полагаясь исключительно на показания приборов, что иногда приводит к неправильной интерпретации своего состояния.

Дневник самонаблюдения считается эффективным инструментом, позволяющим ученикам наблюдать динамику изменений и отмечать индивидуальные особенности реакции организма на физические нагрузки. Его применение целесообразно в сочетании с консультациями специалистов, поскольку правильно трактовать зафиксированные данные способны далеко не все школьники.

Электронные трекеры представляют собой инновационный инструмент самоконтроля, позволяющий оперативно реагировать на отклонения от нормы. Тем не менее школьники жалуются на ограниченный функционал некоторых

моделей и невысокую точность предоставляемых ими сведений.

Итоги проведенного исследования свидетельствуют о целесообразности широкого распространения методов самоконтроля среди учащихся общеобразовательных учреждений. Внедрение простых и понятных алгоритмов ведения дневника самонаблюдения и использование недорогих электронных устройств позволят значительно повысить эффект занятий физической культурой и обеспечить безопасность школьных мероприятий.

Основные положения заключаются в следующем. Наиболее популярным способом самоконтроля являются регулярные замеры частоты сердечных сокращений, хотя треть учащихся предпочитают ведение дневника самонаблюдения. Студентам необходимы дополнительные консультации преподавателей и врачей для правильной интерпретации результатов самоконтроля.

Методики самоконтроля способствуют достижению стабильных успехов в улучшении двигательных качеств и формировании устойчивых навыков заботы о своем здоровье.

Подводя итоги, отметим, что самоорганизация и сознательное отношение к своему здоровью приобретают особую ценность именно в период детства и юности, закладывая основу успешной взрослой жизни.

Литература

1. Васенков, Н.В. Физическое здоровье современных студентов / Н.В. Васенков, Д.Г. Кузьмичева, Е.М. Софронова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2019. – № 4(97). – С. 59–61.
2. Васенков, Н.В. Новые методы физического развития студентов будущих юристов / Н.В. Васенков, Л.Т. Миннахметова, Л.Э. Бикулова, А.Б. Хабибуллин / Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 4(127). – С. 133–136.
3. Ибрагимов, И.Ф. Баскетбол среди студентов, как способ вести здоровый образ жизни / И.Ф. Ибрагимов, И.М. Хабибуллин / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2018. – С. 78–79.
4. Лопатин, Л.А. Состояние физического здоровья современных студентов / Л.А. Лопатин, Н.В. Васенков, Э.Ш. Миннибаев, Р.Р. Набиуллин // Вестник Научного центра безопасности жизнедеятельности. – 2019. – № 2(40). – С. 93–98.
5. Хайруллин, И.Т., Роль средств физической культуры в повышении работоспособности студентов / И.Т. Хайруллин, Р.Р. Галиев, Р.М. Валиев, Р.И. Сунгатуллин // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2020. – № 4(109). – С. 79–82.

References

1. Vasenkov, N.V. Fizicheskoe zdorove sovremennykh studentov / N.V. Vasenkov, D.G. Kuzmicheva, E.M. Sofronova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2019. –

№ 4(97). – S. 59–61.

2. Vasenkov, N.V. Novye metody fizicheskogo razvitiya studentov budushchikh yuristov / N.V. Vasenkov, L.T. Minnakhmetova, L.E. Bikulova, A.B. KHabibullin / Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 4(127). – S. 133–136.

3. Ibragimov, I.F. Basketbol sredi studentov, kak sposob vesti zdorovij obraz zhizni / I.F. Ibragimov, I.M. KHabibullin / Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2018. – S. 78–79.

4. Lopatin, L.A. Sostoyanie fizicheskogo zdorovya sovremennykh studentov / L.A. Lopatin, N.V. Vasenkov, E.SH. Minnibaev, R.R. Nabiullin // Vestnik Nauchnogo tsentra bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti. – 2019. – № 2(40). – S. 93–98.

5. KHajrullin, I.T., Rol sredstv fizicheskoy kultury v povyshenii rabotosposobnosti studentov / I.T. KHajrullin, R.R. Galiev, R.M. Valiev, R.I. Sungatullin // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2020. – № 4(109). – S. 79–82.

© Л.А. Лопатин, Н.В. Васенков, Т.П. Шарыпова, Л.Э. Бикулова, 2026

ИНТЕГРАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ ДИЗАЙНЕРОВ: КЕЙС РАЗРАБОТКИ ПОИЛЬНИКОВ ДЛЯ ПТИЦ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Э.В. МИХАЙЛОВА, Е.Е. СТЕПАНОВА

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары

Ключевые слова и фразы: экологический дизайн; дизайн-образование; проектное обучение; экосистемное мышление; устойчивое развитие; междисциплинарность; учебный кейс.

Аннотация: Статья посвящена исследованию процесса интеграции принципов экологического подхода и устойчивого дизайна в проектное обучение студентов-дизайнеров. Цель исследования: разработать и апробировать методику интеграции принципов экодизайна и устойчивого развития в проектное обучение дизайнеров на реальном кейсе. Основная задача определялась гипотезой исследования: использование реального эко-кейса в проектном обучении трансформирует экологический подход в практический инструмент, эффективно формирует комплекс компетенций и воспитывает экологическую ответственность как основу профессии дизайнера. В ходе исследования использовались как теоретические, так и эмпирические методы. Результаты показывают, что подобные проекты трансформируют образовательный процесс, делая его более релевантным современным вызовам, и готовят дизайнеров, способных создавать не просто объекты, а элементы устойчивой и гармоничной среды.

Динамика современного мира, определяемая процессами глобализации, цифровизации и перехода к модели устойчивого развития, порождает необходимость фундаментального пересмотра парадигмы непрерывного профессионального образования, в том числе и в сфере дизайна. От специалиста творческой сферы сегодня ожидается не только владение инструментарием и эстетическим чувством, но и способность выступать в роли стратега, медиатора и ответственного агента изменений, гармонизирующего взаимодействие человека, технологии и окружающей среды. Данная новая роль формирует запрос на глубокую трансформацию системы их подготовки, которая сегодня сталкивается с рядом системных противоречий.

Современное дизайн-образование оказалось в эпицентре тройственного кризиса. Первый – технологический: скорость появления новых инструментов и «смерть» профессий опережают цикл обновления учебных программ. Стремительная цифровизация, автома-

тизация и появление новых профессий требуют от специалистов, включая дизайнеров, способности к постоянному обновлению компетенций. Однако существующая система непрерывного образования в России демонстрирует низкую эффективность и фрагментарность, будучи сфокусированной преимущественно на дополнительном профессиональном образовании при слабых горизонтальных связях между его уровнями. Второй – социально-экономический: рынок труда требует специалистов, готовых к немедленной адаптации и решению комплексных задач, в то время как выпускники зачастую получают узкоспециализированные, быстро устаревающие навыки. Несмотря на активное внедрение *EdTech*-технологий и наличие федеральных проектов, нацеленных на развитие кадрового потенциала (например, «Кадры для цифровой экономики»), сохраняется критическое отставание в цифровой трансформации базовых образовательных процессов и модернизации инфраструктуры. Это усугубляется слабым

уровнем взаимодействия между образовательными организациями, бизнесом (реальным сектором экономики) и органами власти. Третий – ценностно-экологический: в эпоху антропоцена дизайн не может оставаться лишь служением коммерции или эстетике; он становится инструментом ответственности, требующим интеграции принципов устойчивого развития в самое ядро профессионального мышления. Ответом на вызовы времени выступает необходимость перехода от дискретной «трансляции знаний» к формированию целостной образовательной экосистемы. Такая экосистема призвана обеспечить персональную траекторию непрерывного развития личности, смещая акцент с жестких институциональных рамок на гибкость, адаптивность и умение учиться. В контексте дизайна это означает не просто освоение инструментов, а формирование системного, экологически и социально ответственного мышления, способного интегрировать экологические, социальные и экономические факторы в инновационные проектные решения [3].

Таким образом, экосистемный подход в дизайн-образовании приобретает ключевую актуальность как методологический принцип, позволяющий преодолеть обозначенные противоречия. Он предлагает модель, в которой образовательная среда становится динамичной, сетевой и открытой, фокусируясь на развитии у будущих и практикующих дизайнеров компетенций для устойчивого развития, критического мышления и реализации парадигмы *lifelong learning* в условиях неопределенности [4].

Современные исследования сходятся в том, что создание единой среды – это не просто техническая задача по объединению платформ. Это смена парадигмы на экосистемную, где ключевыми становятся: сетевые взаимодействия вместо иерархии; поток данных и аналитика для персонализации; стирание границ между формальным/неформальным обучением, вузом/работодателем; фокус на развитии метакомпетенций (умение учиться, адаптироваться, сотрудничать). Б.В. Олейников, С.А. Подлесный (Россия) рассматривают образовательную экосистему как сложную самоорганизующуюся систему, основанную на сетевом взаимодействии всех участников (университеты, *EdTech*, бизнес, государство) с использованием цифровых платформ. А.А. Фролов, Д.А. Иванов (Россия, НИУ ВШЭ) исследуют цифровые образовательные экосистемы, анализируют их архитектуру, драй-

веры развития и экономические модели, акцентируют роль данных и персонализации [3].

Экосистемный подход утверждается в качестве ключевой парадигмы развития, определяющей эволюцию не только образовательного пространства, но и широкого спектра общественных институтов, включая экономику и предпринимательство. Мониторинг научной литературы за полтора десятилетия демонстрирует устойчивый рост исследовательского внимания к вопросам формирования и функционирования экосистем в различных социально-экономических сферах. Применение данного подхода позволяет наладить системное сотрудничество, делая его более эффективным благодаря тому, что все ключевые заинтересованные стороны (университеты, студенты, бизнес, государство), действуя в своих интересах, вступают в продуктивные и взаимовыгодные отношения, результат которых превышает простую сумму их отдельных усилий [2].

На текущий момент образовательные экосистемы пребывают в фазе становления, что позволяет обозначить перспективные векторы их эволюции. Ключевым направлением представляется формирование глобальной сетевой модели, основанной на интеграции университетских экосистем. Такие модели, как *University of the People* (глобальный, онлайн), Университет 20.35 (Россия, сетевой), *European University Alliances* (например, *Una Europa*), уже на практике реализуют работу единого образовательного пространства, и их деятельность активно изучается [3]. Подобные комплексы могут стать не просто новой парадигмой образовательной системы, но и стратегическим фактором развития государства в целом.

Экологический подход в дизайн-образовании трансформируется из теоретической концепции в практико-ориентированную методологию. Его центральная цель заключается в формировании у обучающихся критического, системного мышления, способного к анализу данных, оценке жизненного цикла проектов и принятию ответственных решений в контексте глобальных проблем: климатических изменений, ресурсных ограничений и социальной дифференциации [1]. Главная научная проблема заключается в выявлении теоретико-методологических оснований, специфики и организационно-педагогических условий для эффективной трансформации системы многоуровневой подготовки дизайнеров в едином образовательном

пространстве «вуз – образование взрослых» в контексте цифровизации. Конкретизация проблемы раскрывается через ряд противоречий и системных дисфункций, рассмотренных нами ранее в своих исследованиях [3].

Внедрение экологического подхода требует перестройки учебного процесса на принципах устойчивого дизайна. Это предполагает проектирование продуктов, сервисов и систем с изначальной оценкой их экосоциального воздействия, что способствует глубокому пониманию антропогенных и природных взаимосвязей [4].

Фундаментальным организационным принципом становится междисциплинарность, адаптированная к логике дизайн-деятельности. В проектном обучении это реализуется через ролевую специализацию в командах, где компетенции каждого участника (эколог, инженер, социолог, дизайнер) определяют его функционал; коллаборативный обмен знаниями на стыке дисциплин; конвергенцию идей для генерации целостных, технологически и социально обоснованных решений [2].

Учебные задания должны эволюционировать от симуляции реальных проектных контекстов на младших курсах к работе с актуальными брифами от индустриальных и социальных заказчиков – на старших. Содержательно задания структурируются вокруг следующих междисциплинарных векторов:

- проектирование устойчивых технологических решений, требующее интеграции экологических критериев, инженерных возможностей и актуальных социальных запросов;
- создание интерактивных арт-объектов и сред, основанных на синтезе дизайна, электроники, программирования и мехатроники;
- разработка комплексных пространственных систем (жилых, производственных, рекреационных) через конвергенцию архитектурных, инженерных, IT- и социальных решений;
- решение конкретных социо-экологических проблем, таких как разработка инклюзивных интерфейсов, проектирование городской среды, дружественной биоразнообразию, и других задач, направленных на повышение качества жизни.

Данная структура обеспечивает переход от абстрактного знания к формированию профессиональной готовности создавать значимые и ответственные дизайн-решения в сложном мире.

Для демонстрации практической реализации описанного подхода был выбран и проанализирован учебный кейс по проектированию поильников для птиц в условиях городской среды. Студентам предлагается разработать многофункциональный арт-объект, предназначенный для обеспечения птиц водными ресурсами в условиях урбанизированной среды. Задача должна быть решена на основе коэволюции, одного из принципов экосистемного дизайна, где объект рассматривается не как изолированный продукт, а как элемент, интегрированный в городскую экосистему и учитывающий комплекс экологических, социальных и функциональных взаимосвязей.

Мы основывались на ключевых принципах экологического подхода, положенных в основу задания.

Принцип системности и коэволюции: проект должен учитывать взаимосвязь «объект – птица – городская среда – человек».

Принцип ресурсной эффективности и цикличности: концепция должна предусматривать использование материалов, минимизирующих экологический след на всех стадиях жизненного цикла изделия (производство, эксплуатация, утилизация), а также возможность сбора дождевой воды.

Принцип биофильности и экологической функции: объект должен не только выполнять утилитарную функцию поения, но и создавать микросреду обитания (например, предусматривать элементы для отдыха, укрытия).

Принцип антропо-экологического взаимодействия: дизайн должен формировать экологическую культуру горожан, учитывая эргономичность обслуживания, безопасность для птиц и людей, а также обладать эстетической и просветительской ценностью.

Принцип адаптивности и устойчивости: конструкция должна быть устойчива к различным погодным условиям, антропогенному воздействию, а также предусматривать вариативность сценариев размещения в городе.

Основными требованиями к разрабатываемому проекту являются:

- экологический раздел: анализ целевой орнитофауны, ее потребностей и угроз в городской среде. Обоснование выбора материалов с позиции жизненного цикла;
- технико-технологический раздел: разработка конструкции, обеспечивающей безопасный доступ птиц разного размера, защиту воды

от загрязнения и пересыхания, простоту обслуживания;

– эргономико-антропологический раздел: анализ взаимодействия человека с объектом и птицы с объектом (подлет, питье, безопасность);

– эстетико-семантический раздел: создание визуального образа, основанного на природных принципах.

Обязательным условием является интеграция объекта в конкретный тип городского ландшафта. Такой подход переводит задачу с бытового уровня «сделать кормушку/поилку» на уровень исследовательского проектирования, где дизайн становится инструментом решения экологических проблем города, а студент выступает в роли исследователя и системного мыслителя.

Результатом проекта является комплексное дизайн-предложение, включающее: научно-обоснованную концепцию на основе проведенного экоанализа; эскизно-проектную часть (визуализации, чертежи узлов); физический и цифровой прототип ключевых элементов, а также поясни-

тельную записку, отражающую этапы реализации принципов экологического подхода.

В практике проведенный учебный кейс доказал свою высокую ценность как с точки зрения методики обучения, так и с точки зрения общественной пользы. Реализация учебных кейсов вызвала положительный общественный резонанс и была поддержана профессиональным и городским сообществами, что подтверждает их социальную значимость и создает основу для дальнейшего развития и масштабирования данных образовательных практик. В педагогическом плане он служит идеальной комплексной моделью для развития у студентов системного мышления и ключевых профессиональных компетенций. В социальном – предлагает конкретные, осознанные решения для актуальной городской экопроблемы, выполняя просветительскую функцию. Ключевым итогом выступает развитие проектных компетенций в сфере экодизайна и формирования условий для становления экологической культуры как стержня профессиональной идентичности дизайнера.

Литература

1. Кириенко, И.П. О поддержке проекта «художественная школа – училище – вуз» в контексте совершенствования архитектурно-дизайнерского образования / И.П. Кириенко, Л.В. Табак // Проектная культура и качество жизни. – 2023. – № 31. – С. 9–27.
2. Михайлова, Э.В. Влияние реальных кейсов на формирование профессиональных навыков у будущих дизайнеров / Э.В. Михайлова // Инновации в образовательном процессе : сборник трудов XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию основания института, Году защитника Отечества, 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, в рамках Десятилетия науки и технологий, Чебоксары, 24 апреля 2025 г. – Чебоксары : Политех, 2025. – С. 416–420.
3. Михайлова, Э.В. Экологический подход как основа единой образовательной среды в системе непрерывного дизайнерского образования / Э.В. Михайлова, Е.Е. Степанова // История и современность: междисциплинарные исследования : сборник научных статей аспирантов, студентов и преподавателей. – Ульяновск : Зебра, 2025. – С. 137–142.
4. Панкина, М.В. Экологический дизайн как направление современного дизайна. Определение понятия / М.В. Панкина, С.В. Захарова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9670>.

References

1. Kirienko, I.P. O podderzhke proekta «khudozhestvennaya shkola – uchilishche – vuz» v kontekste sovershenstvovaniya arkhitekturno-dizajnerskogo obrazovaniya / I.P. Kirienko, L.V. Tabak // Proektnaya kultura i kachestvo zhizni. – 2023. – № 31. – S. 9–27.
2. Mikhajlova, E.V. Vliyanie realnykh kejsov na formirovanie professionalnykh navykov u budushchikh dizajnerov / E.V. Mikhajlova // Innovatsii v obrazovatelnom protsesse : sbornik trudov KHKHIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 70-letiyu osnovaniya

instituta, Godu zashchitnika Otechestva, 80-letiyu Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne, v ramkakh Desyatiletija nauki i tekhnologij, СНебoksary, 24 aprelya 2025 g. – СНебoksary : Politekh, 2025. – S. 416–420.

3. Mikhajlova, E.V. Ekologicheskij podkhod kak osnova edinoj obrazovatelnoj sredy v sisteme nepreryvnogo dizajnerskogo obrazovaniya / E.V. Mikhajlova, E.E. Stepanova // Istoriya i sovremennost: mezhdistsiplinarnye issledovaniya : sbornik nauchnykh statej aspirantov, studentov i prepodavatelej. – Ulyanovsk : Zebra, 2025. – S. 137–142.

4. Pankina, M.V. Ekologicheskij dizajn kak napravlenie sovremennogo dizajna. Opredelenie ponyatiya / M.V. Pankina, S.V. Zakharova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9670>.

© Э.В. Михайлова, Е.Е. Степанова, 2026

ПОДХОДЫ К КАТЕГОРИИ «КОМАНДНАЯ РАБОТА» ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ УМЕНИЙ ИНОЯЗЫЧНОГО ГОВОРЕНИЯ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

М.И. ПОПОВА, Г.М. ПАРНИКОВА

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
г. Якутск*

Ключевые слова и фразы: командная работа; коммуникативное взаимодействие; иноязычное говорение; методика обучения; профессиональная подготовка; рефлексия; будущий учитель английского языка; билингвизм.

Аннотация: Цель статьи заключается в анализе подходов к категории «командная работа» в контексте формирования умений иноязычного говорения будущих учителей английского языка. В качестве задач рассматриваются выявление психолого-педагогических и методических интерпретаций командной работы как формы организации совместной деятельности и обоснование ее дидактического потенциала в развитии коммуникативного взаимодействия. Гипотеза исследования состоит в предположении, что использование командной работы способствует активизации речевой деятельности, развитию коммуникативной инициативы, рефлексии и ответственности обучающихся. В исследовании применялись методы теоретического анализа и обобщения научных источников. В результате установлено, что командная работа является значимым дидактическим условием формирования умений иноязычного говорения. Особое внимание уделено учету билингвизма студентов Республики Саха (Якутия) как фактора, влияющего на особенности командного взаимодействия и иноязычного говорения.

Современные тенденции высшего педагогического образования ориентируют профессиональную подготовку будущих учителей английского языка на развитие не только предметных и методических знаний, но и умений эффективного профессионального взаимодействия. В условиях коммуникативно направленного обучения иностранному языку особую значимость приобретает категория «командная работа», поскольку в рамках совместной деятельности иноязычное говорение выступает основным средством координации действий, обмена мнениями и принятия решений. Коллективный характер профессиональной деятельности учителя позволяет рассматривать командную работу как дидактическое условие формирования умений иноязычного говорения будущих учителей английского языка [3].

Цель данной статьи – изучить подходы к дидактической категории «командная работа»

в психолого-педагогической и методической литературе и обосновать ее значимость для эффективного формирования умений иноязычного говорения будущих учителей английского языка. В психолого-педагогических исследованиях командная работа рассматривается как особая форма организации совместной деятельности, основанная на взаимодействии группы людей, взаимодополняющих друг друга в процессе достижения общей цели. По мнению ряда исследователей, команда отличается от группы не только численностью или формальной структурой, но прежде всего характером взаимодействия ее участников, наличием общей цели, распределением ролей и ответственностью за конечный результат [2; 7].

Социологические и психологические исследования подтверждают социальную природу человека и его потребность в коллективных формах деятельности, необходимых для лич-

ностного и профессионального развития. В образовательной среде это проявляется особенно отчетливо, поскольку обучение и воспитание основаны на взаимодействии и совместной деятельности [3]. Ю.К. Бабанский подчеркивал, что командная работа предполагает осознанную мотивацию участников, готовность к совместному достижению цели, ответственность за общий результат и приоритет коллективных интересов над индивидуальными [1]. Для методики обучения иностранным языкам данное положение принципиально важно, поскольку формирование умений иноязычного говорения невозможно без включения обучающихся в реальные коммуникативные ситуации взаимодействия и согласования позиций [3].

В научной литературе наблюдается относительное единодушие в понимании сущности командной работы как совместной деятельности членов команды, направленной на достижение общего результата. Различия в дефинициях и наборах признаков отражают специфику исследовательских задач, однако ключевым моментом является совместность действий и координация усилий участников [2; 7]. Команда может быть названа эффективной или неэффективной в зависимости от результативности деятельности ее участников. Вместе с тем результативность не всегда полностью совпадает с качеством командного взаимодействия, поскольку в отдельных случаях даже недостаточно сформированная команда может достичь результата при благоприятных внешних условиях. В этой связи особую значимость приобретает выделение критериев, определяющих устойчивую эффективность командной работы.

В работах Ю.М. Жукова, А.В. Журавлева, Е.Н. Павловой выделены основные критерии, которые в совокупности образуют эталон успешной командной работы: ясное понимание целей, четкое позиционирование участников, взаимодополняемость компетенций, налаженные коммуникации между членами команды и ответственность друг перед другом [2]. В дидактическом аспекте данные критерии напрямую соотносятся с условиями формирования умений иноязычного говорения, поскольку задают структуру коммуникативного взаимодействия и функциональную направленность речевых действий [3].

Следует отметить, что успешная командная работа формируется постепенно и не возникает мгновенно даже при наличии четко сформули-

рованных целей и продуманного плана деятельности. Однако данный процесс может быть оптимизирован посредством командообразования, направленного на развитие навыков взаимодействия, принятия решений и рефлексии. Анализ исследований по проблеме командообразования показывает, что в данной области выделяются следующие направления: формирование оптимального состава команды, ускорение процесса «срабатываемости» участников, разработка критериев оценки командной работы и поддержание мотивации участников. Командообразование позволяет организовать совместную деятельность таким образом, чтобы максимально реализовать интеллектуальный, коммуникативный и творческий потенциал ее участников [2].

В современных условиях профессия учителя все более приобретает командный характер. Введение института наставничества, развитие проектной деятельности, совместное планирование и анализ образовательных результатов требуют от педагога готовности к продуктивному взаимодействию с коллегами. Практика показывает, что выпускники педагогических вузов нередко испытывают трудности в работе в команде, что проявляется в неумении находить общий язык с коллегами, недостаточной сформированности рефлексивных умений и неспособности конструктивно воспринимать критику [2]. В этой связи при подготовке будущих учителей английского языка важно целенаправленно формировать умение работать в команде как профессионально значимую компетенцию. Командная работа в образовательном процессе создает условия для развития ответственности, инициативности и рефлексии, а также выступает эффективным средством активизации иноязычного говорения [1; 3].

В контексте обучения иностранному языку командная работа приобретает особую дидактическую значимость, поскольку иноязычное говорение выступает основным средством координации совместных действий. Обсуждение проблемных заданий, аргументация, согласование позиций, принятие совместных решений и рефлексия результатов требуют регулярного использования иностранного языка в функционально значимых ситуациях. Командная работа способствует формированию умений аргументированного высказывания, диалогического и полилогического взаимодействия, умения слушать партнера, уточнять информацию и реагировать на позицию других участников. Кроме

того, распределение ответственности и поддерживающая обратная связь в команде позволяют снизить речевую тревожность обучающихся и создать благоприятные условия для развития коммуникативной инициативы [2; 3]. Таким образом, командная работа может рассматриваться как важное дидактическое условие формирования умений иноязычного говорения будущих учителей английского языка, обеспечивающее переход от индивидуальных речевых действий к профессионально ориентированному коммуникативному взаимодействию.

При организации командной работы в образовательном процессе необходимо учитывать фактор билингвизма студентов Республики Саха (Якутия). С одной стороны, билингвизм обуславливает наличие особых коммуникативных ресурсов, связанных с гибкостью мышления и развитым ассоциативным потенциалом. С другой стороны, исследователи отмечают недостаточность словарного запаса на обоих языках, явления интерференции и калькирования, что может затруднять процесс иноязычного общения [4; 6]. Вместе с тем билингвальная личность обладает качествами, способствующими успешной командной работе, такими как дивергентное мышление, способность рассматривать несколько вариантов решения проблемы и высокий уровень креативности [6]. Командные формы организации учебной деятельности позволяют педагогически поддержать данный потенциал, создавая условия для речевого самовыражения и совместного поиска решений на иностранном языке.

В зарубежной литературе командная работа определяется как процесс сотрудничества, позволяющий достигать значимых результатов за счет объединения усилий и ресурсов участников. Исследователи подчеркивают значение общей цели, открытого общения, доверия, распределения ролей и ответственности. Успешная командная работа основывается на синергии, возникающей между членами команды, и

формирует среду, в которой каждый участник готов вносить вклад в общее дело. Можно выделить следующие признаки успешной командной работы: развитые межличностные умения; открытое общение и конструктивная обратная связь; соответствие состава команды задачам деятельности; подотчетность и ответственность участников, а также наличие эффективного лидерства и согласования решений [7]. Для методики обучения иностранным языкам данные признаки имеют особую значимость, поскольку задают параметры коммуникативной ситуации, в которой иноязычное говорение становится функционально необходимым [3].

Проведенный теоретический анализ показывает, что категория «командная работа» имеет устойчивое научное содержание в психолого-педагогической литературе и может рассматриваться как дидактически значимая основа организации совместной деятельности. Командная работа характеризуется ясностью целей, распределением ролей, взаимодополняемостью компетенций, развитым коммуникативным взаимодействием и ответственностью участников [2].

В системе профессиональной подготовки будущих учителей английского языка командная работа выступает важным условием активизации речевой деятельности и формирования умений иноязычного говорения [3]. Учет билингвизма студентов Республики Саха (Якутия) позволяет, с одной стороны, предупреждать возможные коммуникативные трудности, а с другой – опираться на когнитивный и творческий потенциал билингвальной личности [4; 6].

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методических механизмов включения командной работы в обучение иноязычному говорению будущих учителей английского языка, используя средства структурирования содержания высказывания (в частности, интеллект-карт) в командном взаимодействии [5].

Литература

1. Бабанский, Ю.К. О дидактических основах повышения эффективности обучения / Ю.К. Бабанский // Народное образование. – 1986. – № 11. – С. 105–111.
2. Жуков, Ю.М. Технологии командообразования / Ю.М. Жуков, А.В. Журавлев, Е.Н. Павлова. – М. : Аспект Пресс, 2008. – 320 с.
3. Зимняя, И.А. Коммуникативная компетентность, речевая деятельность, вербальное общение : монография / И.А. Зимняя, И.А. Мазаева, М.Д. Лаптева; под ред. И.А. Зимней. – М. : Аспект Пресс, 2020. – 400 с.

4. Малышева, А.Д. Педагогические условия формирования готовности к работе в команде студентов-билингвов Республики Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А.Д. Малышева. – Якутск, 2018.

5. Попова, М.И. Использование интеллект-карт для обучения будущих учителей английского языка иноязычному говорению / М.И. Попова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 12(183). – С. 175–177. – EDN PVHAFZ.

6. Чикваидзе, А.А. Формирование языковой личности учащихся под влиянием билингвизма / А.А. Чикваидзе // Вестник ВГПУ. – 2015. – № 1(266). – С. 199–201.

7. Harris, P.R. Managing Effectively through Teams / P.R. Harris, K.G. Harris // Team Performance Management: An International Journal. – 1996. – Vol. 2. – No. 3. – P. 23–36.

References

1. Babanskij, YU.K. O didakticheskikh osnovakh povysheniya effektivnosti obucheniya / YU.K. Babanskij // Narodnoe obrazovanie. – 1986. – № 11. – S. 105–111.

2. Zhukov, YU.M. Tekhnologii komandobrazovaniya / YU.M. Zhukov, A.V. Zhuravlev, E.N. Pavlova. – M. : Aspekt Press, 2008. – 320 s.

3. Zimnyaya, I.A. Kommunikativnaya kompetentnost, rechevaya deyatelnost, verbalnoe obshchenie : monografiya / I.A. Zimnyaya, I.A. Mazaeva, M.D. Lapteva; pod red. I.A. Zimnej. – M. : Aspekt Press, 2020. – 400 s.

4. Malysheva, A.D. Pedagogicheskie usloviya formirovaniya gotovnosti k rabote v komande studentov-bilingvov Respubliki Sakha (Yakutiya) : avtoref. dis. ... kand. pед. nauk / A.D. Malysheva. – Yakutsk, 2018.

5. Popova, M.I. Ispolzovanie intellekt-kart dlya obucheniya budushchikh uchitelej anglijskogo yazyka inoyazychnomu govoreniyu / M.I. Popova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 12(183). – S. 175–177. – EDN PVHAFZ.

6. Chikvaidze, A.A. Formirovanie yazykovoj lichnosti uchashchikhsya pod vliyaniem bilingvizma / A.A. Chikvaidze // Vestnik VGPU. – 2015. – № 1(266). – S. 199–201.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОГРАФИКИ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА НАГЛЯДНОСТИ: ОТ АНТИЧНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

И.С. РОМАНОВА^{1,2}, А.А. ПРОХОРОВА^{2,3,4}

¹ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново;

² ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,
г. Иваново;

³ ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»,
г. Пермь;

⁴ ФГБОУ ВО «Азовский государственный педагогический университет имени П.Д. Осипенко»,
г. Бердянск

Ключевые слова и фразы: инфографика; принцип наглядности; процесс обучения; студенты вуза.

Аннотация: Инфографика всегда играла и продолжает играть важную роль в образовательном процессе, поскольку с ее помощью осуществляется создание визуально представленной информации больших и малых объемов. Целью статьи является обзор применения инфографических изображений в истории развития педагогики. Задачи статьи заключаются в систематизации исторических этапов развития принципа наглядности; в определении роли наглядности при обучении молодого поколения в разные исторические эпохи; в описании особенностей применения разных типов инфографики в обучении современных студентов. Гипотеза исследования состоит в предположении, что обучение студентов современных вузов иностранному языку на основе инфографики возможно, если определены сущностные характеристики инфографики как средства обучения. Для решения поставленных задач и подтверждения выдвинутой гипотезы использовались методы изучения и анализа педагогической и методической литературы, обобщение опыта отечественных и зарубежных ученых по исследуемой проблеме.

Современные наглядные средства помогают учащимся лучше усваивать информацию через зрительное восприятие. Они делают процесс обучения более интерактивным, способствуют ускорению понимания и запоминания учебного материала. Между тем поиск ответа на вопрос: «Что такое наглядность, и как ее можно применять в логике преподавания различных дисциплин?» ведется уже не одно столетие.

Передача различной информации с помощью картинок, символов, схем и пр., называемая сегодня «визуальной коммуникацией», зародилась еще в древние времена [9], когда первобытные люди создавали рисунки, которые сейчас можно увидеть на стенах пещер и даже на поверхности Земли (например, плато На-

ска). Однако ученые полемизируют по вопросу о признании этих изображений инфографическими, поскольку многие исследователи видят в подобных рисунках определенную закодированность [12], а инфографика (термин Эдварда Тафти) призвана четко и правильно донести мысль автора до тех, для кого она предназначена. Позже появились египетские и китайские иероглифы, алфавиты разных языков, которые также являются своего рода инфографическими знаками, связанными с визуальной коммуникацией.

Следует заметить, что математические фигуры и географические карты Земли напрямую связаны с понятием «инфографика». Многие исследователи относят их к первым образцам средств визуализирования данных

Таблица 1. Формулировки понятия «инфографика», предложенные отечественными и зарубежными авторами

Автор	Определение понятия «инфографика»
Э.Р. Тафти	Инфографика – это искусство превращения данных в визуальные истории, которые помогают понять сложные концепции [14]
М.Г. Бондарев	Инфографика – это альтернативный способ представления информации, сочетающий в себе иллюстративность рисунка и вербально-логическую наполненность текста [1]
С.А. Золотухин	Если при наличии только цифр и иконок без текста понятно, какую информацию это изображение призвано донести, то это – инфографика [3]
Н.В. Изотова	Инфографика – это синтетическая форма организации материала, где каждый из элементов изначально имеет связи со множеством других элементов [4]
В.В. Мальцев	Инфографика включает в себя визуальные элементы и фрагменты текста, поясняющие их, совмещая иллюстративность рисунка и вербально-логическую наполненность текста [8]
Т.Б. Рапакова	Инфографика – это графически текстовое изображение, в котором невербальный компонент подчинен вербальному [10]

[12; 14]. Считается, что впервые связать таблицы с графикой предложил ученый монах Николай Орезмский (до 1330–1382), нарисовавший некое подобие географических карт с широтами и долготами. Представление данных в виде строк и столбцов, то есть в виде таблицы, появилось примерно две тысячи лет назад, однако вплоть до середины XIV в. ни у кого не возникла мысль о возможности представления такого рода данных в графической форме.

В истории педагогики мыслители и практики (например, Я.А. Коменский, К.Д. Ушинский, М. Монтессори, Л.С. Выготский) искали ответ на вопрос о том, какие инструменты и методы могут помочь «перевести» сложные понятия на язык, понятный обучающимся, и таким образом облегчить труд педагога по их объяснению. В обоснование принципа наглядности внесли существенный вклад такие мыслители Средневековья, как Т. Мор, Ф. Рабле, Т. Кампанелла, которые призывали связывать обучение с окружающей действительностью.

Особое значение наглядности для активного усвоения наук придавал итальянский философ, теолог и писатель Т. Кампанелла (1568–1639), автор трактата «Город Солнца» (1602 г.), считавший, что обучение лучше всего происходит во время прогулок по городу, поскольку все его стены покрыты изображениями камней, минералов и металлов, морей и рек, озер и источников, снега, грозы и всех воздушных явлений [5]. При этом государством выделены специальные наставники, которые

способны подробно разъяснить смысл каждого рисунка. Писатель недвусмысленно указывает на необходимость визуализации понятий и предметов, которые должны быть понятны обучающимся, но замечает, что для правильного толкования объектов, представленных графически, необходимы педагоги. Следовательно, назвать это «инфографикой» в современном понимании данного термина нельзя, поскольку информация, представленная в виде изображений на стенах, не может быть истолкована однозначно.

Первым ученым, разработавшим гармоничную теорию принципа успешного обучения с опорой на наглядность, был великий чешский педагог Я.А. Коменский (1592–1670). Он обобщил эмпирический опыт предшественников, что послужило основой для теоретического обоснования и подробного раскрытия принципа наглядности, которая необходима при обучении на любом уровне. «Если мы желаем привить учащимся истинное и прочное знание вещей, вообще нужно обучать всему через личное наблюдение и чувственное доказательство» [7]. Таким образом, педагог-исследователь противопоставил принцип наглядности словесному, пассивному обучению. Понимание окружающего мира зависит от собственных ощущений учащихся, поэтому наглядность должна выполнять функцию основного источника при получении знаний. Эта мысль созвучна мнению современных педагогов-дизайнеров инфографических изображений, которые дают довольно разные

определения последним. В табл. 1 представлены формулировки понятия «инфографика», предложенные отечественными и зарубежными авторами.

Из данных определений следует, что под инфографикой понимается сочетание различных графических средств передачи информации, таких как графики, диаграммы, иллюстрации, ментальные карты, и кратких текстовых пояснений, если последние необходимы. Приемлемой можно считать любую форму, обеспечивающую понимание и эффективный обмен информацией, то есть инструментариум инфографика не ограничена.

Однако не каждое сочетание рисунков и схем может являться инфографикой. Например, учебник Я.А. Коменского «Мир чувственных вещей в картинках» (*Orbis Pictus*, 1658 г.), является лишь прообразом современных инфографических средств визуализации информации, поскольку содержащиеся в учебнике чешского педагога изображения сложно трактовать без помощи учителя, а инфографика, как было сказано выше, предполагает простоту и ясность представленного рисунка или схемы.

Разработка теоретических положений принципа наглядности тесно связана с именами других западных педагогов: Ж.-Ж. Руссо, И.Г. Песталоцци, И.Ф. Гербарта, Ф.А. Дистервега. Указанные авторы полагали, что без применения наглядности в широком смысле данного слова невозможно добиться правильных представлений от человека об окружающем мире и очень проблематично развивать мышление и речь человека.

В книге Ф.А. Дистервега «Руководство к образованию немецких учителей» (1835 г.) приводится обобщающая система из 33 дидактических правил, направленных на обеспечение наглядности и доступности материала обучения, но нас интересует 5-е правило «Обучай наглядно!», которому педагог отводит первое место, исходя из его значения в природосообразном обучении [2]. При этом автор замечает, что принцип наглядности не нужно ограничивать первоначальным обучением или относить его применение только к элементарной арифметике и геометрии. Следовательно, любая информация, преподносимая обучающимся, нуждается в наглядном представлении. Напомним, что использование инфографики в современном обучении совершенствует процесс восприятия информации, объясняет сложный материал с

помощью различных образов и простых слов, передает данные, обращаясь к творчеству, что, несомненно, имеет особые преимущества по сравнению с представлением информации в текстовом формате, и применима не только в школе, но и в вузе.

Рассматривая теоретические обоснования принципа наглядности в трудах русских педагогов, в первую очередь необходимо упомянуть К.Д. Ушинского (1824–1870), П.Ф. Каптерева (1849–1922) и С.Н. Лысенкову (1924–2012).

К.Д. Ушинский первым упоминает о «теоретической наглядности» и ее приложении к педагогике, считая, что использование наглядности в обучении должно создавать конкретные образы, которые непосредственно воспринимаются учащимся. Ведь отвлеченные представления и слова не могут дать понять, что и как обстоит в реальности. При познании окружающего мира активное участие принимают различные анализаторы: слуховые, зрительные, двигательные и осязательные, исследуя которые, К.Д. Ушинский установил, что самым эффективным средством достижения успеха в процессе развития речи является наглядность: «Что такое наглядное обучение? Да это такое ученье, которое строится не на отвлеченных представлениях и словах, а на конкретных образах, непосредственно воспринятых ребенком. Детская природа ясно требует наглядности. Учите ребенка каким-нибудь пяти неизвестным ему словам, и он будет долго и напрасно мучиться над ними; но свяжите с картинками двадцать таких слов и – ребенок усвоит их налету» [13].

Почти слово в слово мысль К.Д. Ушинского о наглядности в обучении повторял видный педагог России П.Ф. Каптерев (1849–1922). Он полагал, что при обучении, действительно, следует переходить от простого к сложному, но не в научном и логическом, а в педагогическом смысле. От неопределенного – к определенному, от простого и понятного – к умозрительному, от чувственно воспринимаемого и целостного – дифференцированному и отвлеченному, от близкого, «сродного» уму и интересам учащегося, к менее интересному, трудному. И вот здесь непременно нужно позаботиться об особом рода наглядности, облегчающей «переход от наглядного к отвлеченному», за счет придания «притягательной силы для ума» ребенка [6]. Такой наглядностью могут послужить различные модели, чертежи, картины, то есть те

изображения, которые сейчас относят к инфографическим.

Сам П.Ф. Каптерев называл это «полунаглядностью», поскольку под «полной наглядностью» подразумевалось непосредственное наблюдение реальных предметов и/или явлений. Термин «инфографика» не встречается в его работах просто потому, что он появился немного позже. Исследователь Е.С. Стародумова полагает, что к определению понятия инфографики как изображения, передающего смысл, данные, информацию с помощью графики, без использования текста привел метод визуализации данных, который появился в 1930-е гг. и получил название *Isotype* [11].

Рассматривая возможности применения инфографики в обучении, следует упомянуть С.Н. Лысенкову, педагога-новатора, предложившего использовать метод опережающего обучения в начальной школе. Смысл этой методики заключается в составлении опорных схем, оформленных в виде таблиц, чертежей, рисунков, то есть инфографических изображений, которые представляют собой зрительные выводы-умозаключения обучающихся в процессе объяснения.

Работа с опорными схемами способствует переходу от конкретного мышления к абстрактному, что, в свою очередь, формирует способность к размышлению и осознанию причинно-следственных зависимостей и связей между объектами и/или явлениями. В современных реалиях умение рассуждать и приходить к логически правильным выводам – обязательный навык при осуществлении любой профессиональной деятельности, который можно выработать, опираясь на принцип наглядности, с применением инфографики.

Подводя итоги, следует отметить, что в работах зарубежных педагогов-мыслителей очень много внимания уделяется использованию наглядности при обучении. Однако в первую очередь эта наглядность была связана с ощущениями, с помощью которых учащиеся могли познавать окружающую действительность. Предметы и/или явления нужно было наблюдать в реальности, чтобы их понять и запомнить.

Несмотря на важную роль, отведенную иллюстративному материалу, его смысловая нагрузка была избыточной и не всегда понятной для обучающихся. По этой причине подобные изображения не могут быть отнесены к инфо-

графическим, так как для правильной интерпретации нарисованных объектов и явлений требовался обязательный устный комментарий учителей-наставников.

Отечественные педагоги XIX–XXI вв. дали более полное определение принципу наглядности и пришли к мнению об использовании конкретных образов, применяемых в обучении в качестве наглядности. Инфографика в обучении представляет собой именно образы, которые учащиеся воспринимают зрительно, а затем переводят в полезную для себя информацию, и в конечном итоге – в знания.

В XXI в. развитие идей наглядности связано с определением тех функций, которые возлагаются на нее при обучении, а также условий, при которых визуализация знаний применяется в педагогической практике. Однако стоит заметить, что понятия «визуализация знаний» и «инфографика» не тождественны.

Визуализация знания представляет собой общий концептуальный раздел его наглядности, а инфографика является специализированным, прикладным инструментом, который позволяет создавать продукты «умной графики» [8].

Примечательно, что сегодня в каждой сфере народного хозяйства, в каждой профессиональной субкультуре существует своя инфографика.

В бизнесе она присутствует в виде множества цифр в таблицах, графиках и диаграммах, например, отчеты о прибыли и убытках.

В медицине инфографика представлена в виде картинок, на которых показаны сложные процессы, такие как репликация ДНК, алгоритмы диагностики болезни и пр.

В инженерном деле также существуют общепринятые инфографические изображения, которые стандартизированы и являются основой технической коммуникации, обеспечивающей однозначное понимание в международной практике.

Поэтому всех студентов, особенно тех, которые получают технические специальности, необходимо знакомить с этими стандартами, включая их в учебный процесс, в том числе на занятиях по иностранному языку.

В этой связи задания по интерпретации различных иноязычных технологических схем, инструкций и чертежей, которые включают в себя принятые в международном сообществе инфографические символы, особенно приветствуются при обучении будущих специалистов.

Литература

1. Бондарев, М.Г. Использование инфографики как инструмента визуализации учебного текста в рамках курса «Иностранный язык для специальных целей» / М.Г. Бондарев // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2012. – № 3(10). – С. 60–66.
2. Дистервег, А. Руководство к образованию немецких учителей / А. Дистервег // Избранные педагогические сочинения. – М. : Учпедгиз, 1956. – С. 136–203.
3. Золотухин, С.А. Инфографика как информационный пакет. Инфографика в образовании / С.А. Золотухин // Медиа. Информация. Коммуникация. – 2018. – № 25. – С. 1–8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mic.org.ru/phocadownload/25-zolotuhin.pdf>.
4. Изотова, Н.В. Система средств визуализации в обучении иностранному языку / Н.В. Изотова, Е.Ю. Буглаева // Вестник Брянского государственного университета. – Брянск. – 2015. – № 2. – С. 70–73.
5. Кампанелла, Т. Город Солнца / Т. Кампанелла. – М.; Л., 1954. – 228 с.
6. Каптерев, П.Ф. Избранные педагогические сочинения / П.Ф. Каптерев. – М. : Педагогика, 1982. – 703 с.
7. Коменский, Я.А. Великая дидактика / Я.А. Коменский [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://makarenko-museum.narod.ru/Classics/Komensky/Komensky_Yan_Amos_Velikaya_didakt_izbr.htm#_Toc237611331.
8. Мальцев, В.В. Использование невербальных средств коммуникации в электронных образовательных ресурсах в контексте профессионально ориентированного обучения иностранным языкам / В.В. Мальцев // Межкультурная коммуникация и профессионально ориентированное обучение иностранным языкам : материалы VIII Международной конференции, посвященной 93-летию образования Белорусского государственного университета, 30 октября 2014 г. – Минск : Изд. центр БГУ, 2014. – С. 153–155.
9. Никулова, Г.А. Средства визуальной коммуникации – инфографика и мета-дизайн / Г.А. Никулова, А.В. Подобных // Образовательные технологии и общество. – 2010. – Т. 13. – № 2. – С. 369–387.
10. Рапакова, Т.Б. Обучение курсантов иностранному языку на основе инфографики : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Т.Б. Рапакова; Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова. – Нижний Новгород, 2022. – 25 с.
11. Стародумова, Е.С. Метод кинетической типографики и феномен классического дизайна. Опыт футуристов в современной визуальной программе / Е.С. Стародумова // Искусство и дизайн: история и практика : материалы V Всероссийской научно-практической конференции. – СПб. : СПбГХПА, 2020. – С. 362–366.
12. Трушко, Е.Г. Инфографика как современный способ представления информации / Е.Г. Трушко, Ю.Ф. Шпаковский // Труды БГТУ. Серия 4. – 2017. – № 1. – С. 111–117.
13. Ушинский, К.Д. Сочинения. Т. 6: Родное слово: книга для детей: год первый и второй. Родное слово: книга для учащихся, 1949. – 445 с. / К.Д. Ушинский // Собрание сочинений : в 11 т. – М.; Л. : Акад. пед. наук РСФСР, 1948–1952.
14. Фролова, М.А. История возникновения и развития инфографики / М.А. Фролова // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. – Пермь. – 2014. – № 10. – С. 135–145.
15. Tufte, E.R. The Visual Display of Quantitative Information / E.R. Tufte. – Cheshire (Conn.) : Graphics Press, 1983. – 197 p.

References

1. Bondarev, M.G. Ispolzovanie infografiki kak instrumenta vizualizatsii uchebnogo teksta v ramkakh kursa «Inostrannij yazyk dlya spetsialnykh tselej» / M.G. Bondarev // Informatika, vychislitel'naya tekhnika i inzhenernoe obrazovanie. – 2012. – № 3(10). – S. 60–66.
2. Disterveg, A. Rukovodstvo k obrazovaniyu nemetskikh uchitelej / A. Disterveg // Izbrannye pedagogicheskie sochineniya. – M. : Uchpedgiz, 1956. – S. 136–203.

3. Zolotukhin, S.A. Infografika kak informatsionnij paket. Infografika v obrazovanii / S.A. Zolotukhin // Media. Informatsiya. Kommunikatsiya. – 2018. – № 25. – S. 1–8 [Electronic resource]. – Access mode : <https://mic.org.ru/phocadownload/25-zolotuhin.pdf>.
4. Izotova, N.V. Sistema sredstv vizualizatsii v obuchenii inostrannomu yazyku / N.V. Izotova, E.YU. Buglaeva // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. – Bryansk. – 2015. – № 2. – S. 70–73.
5. Kampanella, T. Gorod Solntsa / T. Kampanella. – M.; L., 1954. – 228 s.
6. Kapterev, P.F. Izbrannye pedagogicheskie sochineniya / P.F. Kapterev. – M. : Pedagogika, 1982. – 703 s.
7. Komenskij, YA.A. Velikaya didaktika / YA.A. Komenskij [Electronic resource]. – Access mode : https://makarenko-museum.narod.ru/Classics/Komensky/Komensky_Yan_Amos_Velikaya_didakt_izbr.htm#_Toc237611331.
8. Maltsev, V.V. Ispolzovanie neverbalnykh sredstv kommunikatsii v elektronnykh obrazovatelnykh resursakh v kontekste professionalno orientirovannogo obucheniya inostrannym yazykam / V.V. Maltsev // Mezhkulturnaya kommunikatsiya i professionalno orientirovannoe obuchenie inostrannym yazykam : materialy VIII Mezhdunarodnoj konferentsii, posvyashchennoj 93-letiyu obrazovaniya Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta, 30 oktyabrya 2014 g. – Minsk : Izd. tsentr BGU, 2014. – S. 153–155.
9. Nikulova, G.A. Sredstva vizualnoj kommunikatsii – infografika i metadizajn / G.A. Nikulova, A.V. Podobnykh // Obrazovatelnye tekhnologii i obshchestvo. – 2010. – T. 13. – № 2. – S. 369–387.
10. Rapakova, T.B. Obuchenie kursantov inostrannomu yazyku na osnove infografiki : avtoref. dis. ... kand. ped. nauk / T.B. Rapakova; Nizhegorodskij gosudarstvennij lingvisticheskij universitet im. N.A. Dobrolyubova. – Nizhnij Novgorod, 2022. – 25 s.
11. Starodumova, E.S. Metod kineticheskoy tipografiki i fenomen klassicheskogo dizajna. Opyt futuristov v sovremennoj vizualnoj programme / E.S. Starodumova // Iskusstvo i dizajn: istoriya i praktika : materialy V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – SPb. : SPbGKHPA, 2020. – S. 362–366.
12. Trushko, E.G. Infografika kak sovremennij sposob predstavleniya informatsii / E.G. Trushko, YU.F. SHpakovskij // Trudy BGTU. Seriya 4. – 2017. – № 1. – S. 111–117.
13. Ushinskij, K.D. Sochineniya. T. 6: Rodnoe slovo: kniga dlya detej: god pervij i vtoroj. Rodnoe slovo: kniga dlya uchashchikhsya, 1949. – 445 s. / K.D. Ushinskij // Sobranie sochinenij : v 11 t. – M.; L. : Akad. ped. nauk RSFSR, 1948–1952.
14. Frolova, M.A. Istoriya vznikeniya i razvitiya infografiki / M.A. Frolova // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. – Perm. – 2014. – № 10. – S. 135–145.

ОБУЧЕНИЕ МУЗЫКАЛЬНОЙ ОБРАЗНОСТИ ПАУЗ И РИТМА В КОМПОЗИЦИИ «ПЕСНЯ О ЦВЕТАХ СЛИВЫ»: ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ОСВОЕНИЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДИНАСТИИ СУН

СЕ СЯОЮЙ^{1,2}, БЯНЬ ВЭЙ^{1,3}

¹ Филиппинский женский университет, г. Манила (Филиппины);

² Хэйхэский университет, г. Хэйхэ (Китай);

³ школа Улюдао, г. Цзинань (Китай)

Ключевые слова и фразы: гуцинь; пауза; ритмическое дыхание; китайская музыка; эпоха Сун; эстетика; философия; музыкальное исполнение.

Аннотация: Статья посвящена исследованию музыкальной образности пауз и ритмического дыхания в композиции «Песня о цветах сливы в трех куплетах». Целью статьи является определение художественно-музыкальной значимости пауз и ритмического дыхания в композиции «Песня о цветах сливы в трех куплетах» и их связи с эстетическими установками китайских литераторов эпохи Сун. Задачи: выявить особенности использования пауз и ритмического дыхания в китайской музыке; раскрыть взаимосвязь музыкально-исполнительских техник с традиционными эстетическими категориями; предложить методику усвоения композиции «Песня о цветах сливы в трех куплетах» в рамках изучения китайской литературы в школе. Методы исследования: сопоставительное сравнение с другими китайскими музыкальными произведениями; герменевтический анализ текста и музыкального контекста. Гипотеза: музыкальная техника исполнения, использующая особые виды пауз и ритмических рисунков, направлена на передачу важных эстетических категорий, принятых в эпоху Сун. Результаты: рассмотрены теоретические основы исполнения на гуцине, проанализированы конкретные фрагменты музыкального произведения, выявлены ассоциации с китайским литературным наследием и философией, предложены методические приемы анализа художественного произведения на уроках литературы в старших классах.

Китайская литература имеет богатое культурное наследие, включающее в себя произведения разных эпох и жанров. Преподавание китайской литературы требует особого подхода, позволяющего обучающимся погрузиться в мир восточной культуры и понять ее специфику.

Перед изучением литературного произведения важно познакомить учеников с историческими условиями, в которых оно было создано. Это позволит лучше понять мотивы автора и особенности стиля. «Песня о цветах сливы в трех куплетах» (梅花三弄) – одно из знаменитых произведений древнекитайского музыкального репертуара, исполняемого на струнном инструменте гуцинь. Паузы между музыкальными

фразами играют ключевую роль в создании уникальной эстетической атмосферы этого произведения. Поэтому перед чтением стихотворения можно рассказать о династиях Тан и Сун, особенностях китайского искусства того периода и влиянии философии даосизма и конфуцианства на литературу.

Текст принадлежит к категории лирической поэзии, где используются классические китайские мотивы: сливовые цветы символизируют чистоту, хрупкость и мимолетность красоты, а сама композиция строится вокруг баланса и гармонии. Автор активно использует аллитерацию и ассонансы, создавая особую звуковую ткань, усиливающую эмоциональное воздей-

ствие текста. Важную роль играет параллелизм, структурирующий строки и создающий ощущение упорядоченности мира.

Центральная мысль произведения связана с концепцией Дао, в соответствии с которой жизнь человека может гармонично вписываться в природный порядок вещей. Через художественный прием музыка и природа объединяются, показывая читателю путь к внутреннему покою и свободе. Ученики могут выделять ключевые образы, символы и метафоры, анализировать структуру произведения и его тематическое содержание. Например, в стихотворении «Песня о цветах сливы в трех куплетах» можно обратить внимание на использование образов природы, символику цветов и деревьев, а также на музыкальные элементы, такие как паузы и ритм.

Следующим этапом является детальное изучение особенностей музыкального исполнения произведения. Необходимо обсудить: технические аспекты игры на гуцине (паузы, ритм, дыхательные техники); как пауза и дыхание влияют на восприятие слушателя и создание атмосферы; связь музыкальных элементов с традиционными китайскими представлениями о красоте.

Исполнение на гуцине отличается особой внимательностью к деталям, включая точные интервалы между звуковыми фрагментами. Пауза в китайской музыке рассматривается не просто как перерыв, а как важный элемент, придающий глубину и насыщенность звучанию. С точки зрения продолжительности, паузы между фразами в «Песне о цветах сливы в трех куплетах» можно разделить на три типа: короткие, средние и длительные паузы. Выбор их продолжительности соответствует мелодическому развитию и смене образов.

В отрывке, где впервые появляется тема «Цветение сливы», мелодия начинается с гармоник: создается чистый, эфирный звук. Между фразами часто используется техника «коротких пауз»: обычно после завершения двухтактной фразы сохраняется интервал от половины до одного такта. Такой подход сохраняет мелодическую непрерывность и одновременно дает пространство для затухания гармонических обертонов. После завершения мелодической линии *sol-la-do-la* короткая пауза позволяет кристально чистому тембру гармонического тона естественным образом расширяться в пространстве. Это создает ощущение безмятежного

раскрытия бутона сливы, плавно переходящего из одной фазы в другую.

«Пауза» чаще всего встречается в переходных точках музыкальных пассажей и обычно длится от одного до двух тактов. Она обеспечивает плавный переход между эмоциональными состояниями и постепенное наращивание музыкальных слоев. В средней части произведения мелодия переходит от эфирного звучания гармоник к богатому резонансу нот, изображая изящное колыхание цветов сливы на ветру. Паузы между фразами здесь часто создаются за счет постепенного затухания длительных нот левой руки. После извлечения ноты большим пальцем исполнитель специально увеличивает продолжительность паузы, давая звуку спокойно угаснуть, прежде чем приступить к следующей части мелодии. Это создает плавный переход, при котором звук затихает, но намерение сохраняется. Эта пауза не только разграничивает музыкальные секции, но и предотвращает резкие переходы между фразами.

Длительные паузы используются в эмоциональных кульминационных моментах и заключительных частях всего произведения, они длятся до двух тактов и более. После заключительной фразы *do-mi-sol-mi-do* музыкант обычно делает паузу длиной в три такта или более. С музыкальной точки зрения, паузы между фразами в «Песне о цветах сливы в трех куплетах» выполняют тройную функцию: формируют образность, позволяют устояться эмоциональному резонансу и регулируют ритм. Контролируемые временные промежутки используются для наполнения формы цветов сливы динамическим напряжением: короткие паузы имитируют нежное трепетание лепестков, средние паузы раскрывают изящное колыхание веток, а длительные паузы подчеркивают общий образ одинокой, безмятежной чистоты среди зимнего холода.

«Дыхательное качество» в игре на гуцине проявляется в случае, когда музыкант синхронизирует собственное физиологическое дыхание с музыкальным ритмом, наполняя мелодию живым пульсом, схожим с естественным дыханием организма. В композиции «Песня о цветах сливы в трех куплетах» этот эффект заметен как на уровне макроструктуры всей пьесы, так и в нюансированной фразировке. Его художественные свойства можно описать тремя ключевыми характеристиками: «естественность», «гибкость» и «личностная выразительность».

Естественный ритм и дыхание исполнения на гуцине рождаются из стремления к концепции «единства неба и человечества».

С помощью повторения темы «Трех вариаций» игрок на гуцине наполняет каждую итерацию уникальным эмоциональным резонансом, используя эластичные вариации ритма дыхания. Под влиянием неоконфуцианства Чэн-Чжу литераторы династии Сун разработали когнитивный подход, основанный на «исследовании вещей для обретения знаний», и эстетическое стремление к «спокойной эстетике жизни». Художественное выражение переплетенных пауз и ритмичного дыхания в «Песне о цветах сливы в трех куплетах» гармонично сочетается с эстетическими стремлениями литераторов династии Сун.

Классиком суньской литературы стал тезис Су Ши: «Выявлять сокровища древности в простоте, проявлять глубокое чувство через сдержанность», а позиция Хуан Тинцзяня звучит следующим образом: «Добиваться возвышенности и глубочайшей чистоты через элементарность». Подобная установка находила свое прямое воплощение в замедленном ритме дыхания, используемого при исполнении «Песни о цветах сливы в трех куплетах».

Для закрепления материала полезны практические задания, включающие: прослушива-

ние и обсуждение записи исполнения «Песни о цветах сливы в трех куплетах», подражательное исполнение отдельных фрагментов мелодии с использованием аналогичного инструмента (например, фортепиано или гитары).

Закрепление теоретического материала и развитие творческих способностей возможно через выполнение следующих творческих работ: написание сочинения о восприятии музыки гуцина; разработка проекта по созданию выставки, посвященной искусству династии Сун; организация концерта, включающего выступление студентов с исполнением китайских классических мелодий.

Паузы между фразами и ритмическое дыхание в композиции «Песня о цветах сливы в трех куплетах» представляют собой уникальные художественные средства, позволяющие исполнителю достичь высокого уровня мастерства и передать глубокие эстетические ценности китайской культуры. Их влияние распространяется далеко за пределы технической стороны исполнения, проникая в сферу духовного осознания и философского постижения жизни. Таким образом, предлагаемая методика способствует глубокому пониманию культурных ценностей Китая и развивает у учащихся способность воспринимать музыку как средство передачи глубоких идей и чувств.

Литература

1. Войтишек, Е.Э. Литература Китая : учебно-метод. комплекс / Е.Э. Войтишек, С.А. Комиссаров, М.А. Кудинова. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2011. – 138 с.
2. Гао, Ш. Преподавание китайской культуры в России с точки зрения теории кодирования и декодирования / Ш. Гао // Ярославский педагогический вестник. – 2023. – № 3(132). – С. 105–112.
3. Лактионова, Е.А. Влияние философско-религиозных учений на культуру Китая эпохи Сун (960–1279 гг.) / Е.А. Лактионова, Ю.А. Мартынова // Современные востоковедческие исследования. – 2021. – Т. 3. – № 2. – С. 200–205.
4. Сун, Б. Интеграция произведений китайских композиторов в учебном процессе фортепианного класса музыкальной школы / Б. Сун // Человеческий капитал. – 2022. – № 12(168). – Т. 1. – С. 234–240.
5. Чжао, Ч. Профессиональное музыкальное образование в Китае: история и современность / Ч. Чжао // Бюллетень международного центра «Искусство и образование». – 2021. – № 4. – С. 55–66.
6. Чэнь, Ш. Фортепианное творчество китайских композиторов XX – начала XXI веков: основные стилевые направления : автореф. ... канд. искусствоведения / Ш. Чэнь. – Нижний Новгород, 2020. – 19 с.

References

1. Vojtishek, E.E. Literatura Kitaya : uchebno-metod. kompleks / E.E. Vojtishek, S.A. Komissarov, M.A. Kudinova. – Novosibirsk : RITS NGU, 2011. – 138 s.
2. Gao, SH. Prepodavanie kitajskoj kultury v Rossii s tochki zreniya teorii kodirovaniya i

dekodirovaniya / SH. Gao // YAroslavskij pedagogicheskiy vestnik. – 2023. – № 3(132). – S. 105–112.

3. Laktionova, E.A. Vliyanie filosofsko-religioznykh uchenij na kulturu Kitaya epokhi Sun (960–1279 gg.) / E.A. Laktionova, YU.A. Martynova // Sovremennye vostokovedcheskie issledovaniya. – 2021. – Т. 3. – № 2. – S. 200–205.

4. Sun, B. Integratsiya proizvedenij kitajskikh kompozitorov v uchebno protsesse fortepiannogo klassa muzykalnoj shkoly / B. Sun // CHelovecheskiy kapital. – 2022. – № 12(168). – Т. 1. – S. 234–240.

5. CHzhao, CH. Professionalnoe muzykalnoe obrazovanie v Kitae: istoriya i sovremennost / CH. CHzhao // Byulleten mezhdunarodnogo tsentra «Iskusstvo i obrazovanie». – 2021. – № 4. – S. 55–66.

6. CHen, SH. Fortepiannoe tvorchestvo kitajskikh kompozitorov XX – nachala XXI vekov: osnovnye stilevye napravleniya : avtoref. ... kand. iskusstvovedeniya / SH. CHen. – Nizhnij Novgorod, 2020. – 19 s.

© Се Сяоюй, Бянь Вэй, 2026

EXPLORING MODULO ARITHMETIC THROUGH PRIMBON (JAVANESE CALENDAR): AN ETHNOMATHEMATICAL PATHWAY TO DEVELOP PRE-SERVICE MATHEMATICS TEACHERS' DIGITAL INTERCULTURAL COMPETENCE

P.N.J.M. SINAMBELA^{1,2}, N.KH. SAVELYEVA³

¹ Ural Institute of Humanities,

² Ural Federal University named after the President of Russia B. Yeltsin,

³ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Yekaterinburg

Keywords and phrases: ADDIE; expert validation; digital intercultural competence; modulo arithmetic; primbon; pre-service mathematics teachers.

Abstract: This study aims to develop teaching materials that explore modulo arithmetic in Javanese culture by utilizing the Javanese calendar system, Primbon. The resulting teaching materials are expected to build digital intercultural competence (DIC) and constructive intercultural discussion competence for pre-service mathematics teachers (PMTs). The research method used is a limited adaptation of the ADDIE model, adding one stage: validation by experts. The intercultural competence that PMTs develop will later help reduce communication misunderstandings in digital classroom learning, foster inclusive mathematics learning, support culturally responsive teaching of mathematics, increase participation in mathematics discussions in class, manage conflicts and cross-cultural group work, and prepare students to develop global citizenships competencies.

Digital intercultural competence (DIC) is a skill that every individual must possess in an increasingly connected and multicultural world [1; 2]. This skill is essential for pre-service mathematics teachers (PMTs) who interact with people from diverse cultural backgrounds [2]. The ability to appreciate, understand, and interact with individuals from various cultural backgrounds can enrich their personal and professional experiences.

There are various ways to develop DIC, digitally studying different cultural systems, understanding how these cultures influence critical decision-making in life. One interesting example is Javanese culture, called Primbon, which is a collection of traditional Javanese knowledge related to the calendar that summarizes calculations, behavior, and interpretations of events to consider time and treatment starting from birth, marriage, starting farming, moving house, and travel [3]. Primbon is not just a prediction but an encyclopedia of life practices written in manuscripts and passed down from generation to generation [4].

The DIC of PMTs can be developed by studying Primbon as a digital learning tool, offering a very different perspective on decision-making. Using Primbon as a learning material makes PMTs aware that value systems often influence decisions made in a particular culture. Furthermore, PMTs can understand that different values in society affect how people make choices [5].

The introduction of Primbon in mathematics learning will build PMTs' DIC, which involves the ability to appreciate perspectives that differ from their own. Furthermore, PMTs may see that mathematical concepts can be applied in cultural contexts. Within the context of DIC, PMTs will think critically and reflectively about how they view other cultures [6]. This ability will build an appreciation for the differences in calculation methods across cultures and how these relate to the beliefs and social goals of those communities. PMTs' relational skills will also be trained, enabling them to approach differences with curiosity and without direct judgment.

Another competency that is formed is that PMTs will be able to engage in constructive intercultural discussions through digital tools. They will be able to discuss how their own culture makes decisions regarding important matters such as choosing the right time for a wedding or other significant events. Despite the vast differences in counting systems, values such as harmony, balance, and good luck remain essential in many cultures worldwide [7].

The use of Primbon as a learning material for PMTs not only teaches Javanese traditional culture but also develops a deeper understanding of Javanese cultural values, belief systems, and the way of thinking in Javanese society in decision making [8]. With this knowledge, PMTs will be able to understand the belief system and cultural values, appreciate cultural diversity, think critically and relationally, and engage in discussion and dialogue across cultures [9].

DIC is valuable not only in the academic world but also in everyday life. By understanding the calculation system in Primbon, which reflects Javanese cultural values [10], PMTs can more easily adapt to various social contexts involving people from different backgrounds, both nationally and internationally.

The research method used adapts the ADDIE model and is limited to three stages: Analysis, Design, dan Development [11]. The analysis stage consists of analyzing mathematical material and mapping relevant Primbon components in the context of mathematical tasks and indicators of DIC. The design stage produces a design of digital learning materials, learning objectives, and validation instruments. The development stage consists of compiling a prototype and then validating it by experts [12] by two experts in mathematics education and ethnomathematics, and then revising the product until valid final material is obtained. The product is designed for the context of mathematics learning for PMTs.

Analysis stage

Based on the results of the analysis carried out, four important points were obtained in the analysis as explained below.

Curriculum analysis results. Based on the curriculum for PMTs, the developed material focuses on modulo arithmetic and the ability to represent and communicate poles mathematically. The context of Primbon was chosen as a material because it is a cultural artifact that provides structures and representations that can be analyzed mathematical-

ly and opens up space for intercultural dialogue in the classroom digitally.

Needs analysis results. Modulo arithmetic learning still feels abstract because the procedural exercise dominates the teaching materials lacking context, contextual and visual assignments that utilize Primbon as a cultural artifact are needed. Furthermore, discussions and group work in digital classroom are not fully inclusive due to misunderstandings and uneven participation. Therefore, the material needs to be supplemented with ethical principles and intercultural reflection to train respectful communication and cross-cultural collaboration digitally.

Formulation of learning objectives. The learning objectives for this material are that PMTs can apply modulo arithmetic to analyze periodic patterns in a cultural context (Primbon) and demonstrate DIC.

Learning outcomes. The expected learning outcomes are reducing communication misunderstandings in digital classrooms, fostering inclusive in digital mathematics learning, supporting culturally responsive digital mathematics teaching, increasing PMTs' participation in digital classroom discussions, managing conflicts in digital discussions, and preparing PMTs to develop global citizenship competencies.

Design stage

At this stage, the researcher developed a unit of material on modulo arithmetic in the context of the Primbon as a cultural artifact. Next, the researcher designed the material to help PMTs understand the concept of modulo arithmetic while strengthening their DIC in mathematical discussions. The material structure consists of two main parts:

- 1) the Javanese calendar and its cycles;
- 2) determining auspicious days in Primbon calculations.

Additionally, the researcher developed an expert validation instrument based on a 5-point Likert scale to assess the feasibility of the material's aspects, design, language, intercultural integration, and presentation.

Development stage

Expert validation. Validation was conducted by two mathematics education lecturers, both experts in mathematical education and ethnomathematics. The validation results are presented in Table 1 below.

Regarding the material design, Expert-2 stated that the flow was good and there were only minor

Table 1. Validation of the results by experts

Assessed aspects	Indicators	Expert-1	Expert-2	Average
Appropriateness of mathematical content and concepts	Curriculum suitability, modular concept accuracy, and example quality	5	5	5
Material design	Clarity of material flow	5	4	4.5
Suitability of cultural context (<i>Primbon</i>)	<i>Primbon</i> as an artifact, presentation sensitivity	4	5	4.5
Integration of DIC	Communication, respect, inclusive collaboration, critical reflection	5	5	5
Language and presentation	Readability, terminology consistency, and visual support in tables	5	5	5

Table 2. Neptu for Saptawara [16]

<i>Saptawara</i>	<i>Neptu Saptawara</i>
<i>Radite</i> (Sunday)	5
<i>Soma</i> (Monday)	4
<i>Hanggara</i> (Tuesday)	3
<i>Buda</i> (Wednesday)	7
<i>Respati</i> (Thursday)	8
<i>Sukra</i> (Friday)	6
<i>Tumpak</i> (Saturday)	9

improvements. It would be better if the flow of the material presented began with the *Primbon* material and then linked it to the appropriate modulo arithmetic material. Regarding the suitability of the *Primbon* cultural context, Expert-1 provided input to firmly frame the *Primbon* as a cultural artifact rather than a validation of prophecies.

Final product. Based on the results from the experts at design and validation stage, the final material for exploring modulo arithmetic using *Primbon* was obtained, as presented below.

Javanese calendar and its cycle. The *Primbon* used in the learning materials is presented as a cultural context to be analyzed mathematically, therefore, its function in this case is a cultural artifact rather than a validation of predictions. Many *Primbon* calculations are based on the Javanese Calendar (Sultan Agung's reform, 1633 AD), which combines the Islamic calendar (months) with the continuation of the Saka year numbers [8; 13]. In the Javanese Calendar there is a 7-day (*Saptawara*), a 5-day (*Pancawara*) and a 35-day (*Weton*) [14; 15]. This *Weton* is the meeting between *Sapta-*

wara and *Pancawara*. In mathematics, this meeting is called the least common multiple. Furthermore, the 210-day or 30-week cycle is called *Wuku* [14; 15]. Each of these cycles forms a specific commemorative pattern.

Another term that needs to be known is *Neptu*. *Neptu* is a numerical value for the 7-day cycle (*Saptawara*) which is then called *Neptu Saptawara* and the 5-day cycle (*Pancawara*) which is then called *Neptu Pancawara* [14; 15]. The number of days in *Saptawara* is 7. The names of the days in *Saptawara* are *Radite* (Sunday), *Soma* (Monday), *Hanggara* (Tuesday), *Buda* (Wednesday), *Respati* (Thursday), *Sukra* (Friday), and *Tumpak* (Saturday) [16]. Table 2 below presents *Neptu* for *Saptawara*.

Pancawara is a 5-day cycle, so the number of days in *Pancawara* is 5. The names of the days in *Pancawara* are *Legi*, *Pahing*, *Pon*, *Wage*, dan *Kliwon* [16]. Table 3 below presents the *Neptu* for *Pancawara*.

Weton is a 35-day cycle that is a combines of *Saptawara* and *Pancawara*. *Weton* is a term in Ja-

Table 3. Neptu for Pancawara [16]

<i>Pancawara</i>	<i>Neptu Pancawara</i>
<i>Legi</i>	5
<i>Pahing</i>	9
<i>Pon</i>	7
<i>Wage</i>	4
<i>Kliwon</i>	8

Table 4. Cayley Table of Additive Group of Integer modulo 5 [21; 22]

+	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	1	2	3	4	0
2	2	3	4	0	1
3	3	4	0	1	2
4	4	0	1	2	3

Table 5. Categories in the Neptu Pancasuda [14]

$Z \ni Z_5$	Categories	Lexical Meaning
0	<i>Pati</i>	Death/Loss/Misfortune
1	<i>Sri</i>	Glory/Prosperity/Blessing
2	<i>Lungguh</i>	Good position/degree/good position
3	<i>Gedhong</i>	Wealth/Possessions/smooth running of affair
4	<i>Lara</i>	Suffering/Illness/Difficult Fortune

vanese tradition that relates to a person's birthday [17]. In Weton, the birthday is used to assess the suitability of a wedding day, choose a day to start a business, or determine the day to begin a journey [18]. Neptu Weton is obtained by adding Neptu Saptawara and Neptu Pancawara [19]. The calculation used is the addition operation on positive integers (Z^+).

Another calculation used in Primbon is Pancasuda. Neptu Pancasuda is obtained from the sum of Neptu Saptawara and Neptu Pancawara [19]. Neptu Pancasuda is mostly used in Javanese cultural traditions to determine the time to move house, although it is sometimes used to determine a partner and other essential activities [20]. The calculation of Neptu Pancasuda uses modulo 5. The set of integers modulo 5, namely $Z_5 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$

equipped with addition, forms an abelian Group. The additive Group of integers modulo 5 ($Z_5, +$) has an identity element, namely 0, every element has an additive inverse, and is commutative [21] which can be shown with a Cayley table in Table 4 below.

Each number in the $Z_5 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ has a meaning in the Neptu Pancasuda as a presented in Table 5 below.

Neptu Jodoh, which is usually used to predict household dynamics, uses modulo 8. The set of integers modulo 8, namely $Z_8 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ with respect to the addition operation forms commutative group. The additive group of integers modulo 8 ($Z_8, +$) fulfills forms an abelian group, has an identity element, namely 0, every element has an additive inverse, and is commutative [21]

Table 6. Cayley table of additive group of integer modulo 8 [21; 22]

+	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7	0
2	2	3	4	5	6	7	0	1
3	3	4	5	6	7	0	1	2
4	4	5	6	7	0	1	2	3
5	5	6	7	0	1	2	3	4
6	6	7	0	1	2	3	4	5
7	7	0	1	2	3	4	5	6

Table 7. Categories in the Neptu Jodoh [14]

$Z \ni Z_8$	Categories	Lexical Meaning
0	<i>Pesthi</i>	Peaceful/harmonious
1	<i>Pegat</i>	Divorce/separated/prone of problems
2	<i>Ratu</i>	Respected/esteemed
3	<i>Jodoh</i>	Compatible/harmonious
4	<i>Topo</i>	Many trials at the beginning
5	<i>Tinari</i>	Fortune/Luck
6	<i>Padu</i>	Frequent differences of opinion/arguments
7	<i>Sujanan</i>	Prone to conflict and infidelity

which is shown in Table 6 below.

Each number in the $Z_8 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ has a meaning in the Neptu Jodoh as presented in Table 7 below.

Determining an auspicious day using Primbon calculations. In Primbon practice, whether something is good or bad is usually determined by a specific purpose [23]. Before giving some examples related to calculations to determine auspicious days, Table 8 summarizes all stages of Primbon calculation as an intercultural context. Table 8 is compiled to help understand Primbon calculations as a learning context, by showing the relationship between cultural values and formal mathematical concepts such as the additive cyclic Group of integers modulo n ($Z_n, +$).

Example 1. Two families are planning to marry off their children. They intend to determine an auspicious wedding day using Primbon calculations. According to information provided by the families, the prospective groom was born on Hang-

gara (Tuesday), Wage, and the prospective bride was on Tumpak (Saturday), Pahing. Which day is favorable for the wedding for both parties? To address this question, we begin by calculating the Neptu Weton of each prospective couple.

Next, a calculation is carried out for the prospective couple's total Neptu Weton (N_T) yielding.

$$N_T = N_g + N_b = 7 + 18 = 25.$$

Subsequently, the classification was calculated using Neptu Pancasuda with the integers modulo 5 and Neptu Jodoh using integers modulo 8.

$$\text{Neptu Pancasuda} = 25. \text{ Since } 25 \equiv 0 \pmod{5},$$

The remainder 0 is conventionally mapped to 5; therefore, it falls into the Pati category.

$$\text{Neptu Jodoh} = 25. \text{ Since } 25 \equiv 1 \pmod{8}.$$

Table 8. Calculation based on Primbon

<i>Saptawara</i>	<i>Pancawara</i>	<i>Neptu Saptawara</i>	<i>Neptu Pancawara</i>	<i>Neptu Weton</i>	<i>Neptu Pancasuda (mod 5)</i>	<i>Neptu Jodoh (mod 8)</i>
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Legi</i>	5	5	10	0	2
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Pahing</i>	5	9	14	4	6
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Pon</i>	5	7	12	2	4
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Wage</i>	5	4	9	4	1
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Kliwon</i>	5	8	13	3	5
<i>Soma (Monday)</i>	<i>Legi</i>	4	5	9	4	1
<i>Soma (Monday)</i>	<i>Pahing</i>	4	9	13	3	5
<i>Soma (Monday)</i>	<i>Pon</i>	4	7	11	1	3
<i>Soma (Monday)</i>	<i>Wage</i>	4	4	8	3	0
<i>Soma (Monday)</i>	<i>Kliwon</i>	4	8	12	2	4
<i>Hanggara (Tuesday)</i>	<i>Legi</i>	3	5	8	3	0
<i>Hanggara (Tuesday)</i>	<i>Pahing</i>	3	9	12	2	4
<i>Hanggara (Tuesday)</i>	<i>Pon</i>	3	7	10	0	2
<i>Hanggara (Tuesday)</i>	<i>Wage</i>	3	4	7	2	7
<i>Hanggara (Tuesday)</i>	<i>Kliwon</i>	3	8	11	1	3
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Legi</i>	7	5	12	2	4
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Pahing</i>	7	9	16	1	0
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Pon</i>	7	7	14	4	6
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Wage</i>	7	4	11	1	3
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Kliwon</i>	7	8	15	0	7
<i>Respati (Thursday)</i>	<i>Legi</i>	8	5	13	3	5
<i>Respati (Thursday)</i>	<i>Pahing</i>	8	9	17	2	1
<i>Respati (Thursday)</i>	<i>Pon</i>	8	7	15	0	7
<i>Respati (Thursday)</i>	<i>Wage</i>	8	4	12	2	4
<i>Respati (Thursday)</i>	<i>Kliwon</i>	8	8	16	1	0
<i>Sukra (Friday)</i>	<i>Legi</i>	6	5	11	1	3
<i>Sukra (Friday)</i>	<i>Pahing</i>	6	9	15	0	7
<i>Sukra (Friday)</i>	<i>Pon</i>	6	7	13	3	5
<i>Sukra (Friday)</i>	<i>Wage</i>	6	4	10	0	2
<i>Sukra (Friday)</i>	<i>Kliwon</i>	6	8	14	4	6
<i>Tumpak (Saturday)</i>	<i>Legi</i>	9	5	14	4	6
<i>Tumpak (Saturday)</i>	<i>Pahing</i>	9	9	18	3	2
<i>Tumpak (Saturday)</i>	<i>Pon</i>	9	7	16	1	0
<i>Tumpak (Saturday)</i>	<i>Wage</i>	9	4	13	3	5
<i>Tumpak (Saturday)</i>	<i>Kliwon</i>	9	8	17	2	1

Table 9. Neptu Weton of the Prospective Groom (N_g)

Saptawara	Pancawara	Neptu Saptawara	Neptu Pancawara	Neptu Weton (Neptu Saptawara + Neptu Pancawara)
Hanggara (Tuesday)	Wage	3	4	$3 + 4 = 7$

Table 10. Neptu Weton of the Prospective Bride (N_b)

Saptawara	Pancawara	Neptu Saptawara	Neptu Pancawara	Neptu Weton (Neptu Saptawara + Neptu Pancawara)
Tumpak (Saturday)	Pahing	9	9	$9 + 9 = 18$

Table 11. Neptu Weton of Wedding Day ($N_{wedding}$)

Saptawara	Pancawara	Neptu Saptawara	Neptu Pancawara	Neptu Weton (Neptu Saptawara + Neptu Pancawara)
Sukra (Friday)	Legi	6	5	$6 + 5 = 11$

The remainder 1 is conventionally mapped to 8; therefore, it falls into Pegat category.

Based on calculations used to determine an auspicious day through Neptu Pancasuda, the outcome is unfavorable, namely Pati, interpreted as confronting death or misfortune. Subsequently, the calculation using Neptu Jodoh likewise yields an adverse result, Pegat, which signifies the potential for divorce or heightened susceptibility to conflict. Considering these findings, the families are required to recalculate and identify an alternative auspicious day for the couple’s marriage ceremony. To determine a suitable wedding day, one must test each possible combination by using the prospective couple’s total Neptu Weton is 25 with the corresponding values presented in Table 8. Assuming the selected wedding day is Sukra (Jumat) Legi, the calculation proceeds as follows (Table 11).

Next, a calculation is carried out for the prospective couple’s and wedding day total Neptu Weton (N_{TW}).

$$N_{TW} = N_T + N_{wedding} = 25 + 11 = 36.$$

Subsequently, the classification was calculated based on Neptu Pancasuda using the integers modulo 5 and Neptu Jodoh using the integers modulo 8.

$Neptu\ Pancasuda = 36$. Since $36 \equiv 1 \pmod{5}$.

The remainder 1 is conventionally mapped to 5; therefore, it falls into Sri category.

$Neptu\ Jodoh = 36$. Since $36 \equiv 4 \pmod{8}$.

The remainder 4 is conventionally mapped to 8; therefore, it falls into Topo category.

Based on the calculated results, Sukra (Friday) Legi is deemed an auspicious day for the prospective couple’s marriage, as the Neptu Pancasuda classification obtained Sri, which denotes honor and prosperity. Moreover, the Neptu Jodoh assessment yields the category Topo, indicating that the early phase of married life may involve numerous trials; however, if these are endured with patience, favorable outcomes are expected. It should be noted that, once couple’s combined Neptu Weton produces as favorable result, no further recalculation is necessary. Accordingly, Sukra (Friday) Legi may be regarded as an auspicious wedding day for the prospective couple.

Example 2. A family intends to move into a new house on Radite (Sunday) Legi. The head of the household was born on Buda (Wednesday) Pahing. Is Radite (Sunday) Legi an auspicious day for this family to enter the new house? This question can be addressed by first determining the Neptu Weton for the planned move in day and for the

Table 12. Neptu Weton Plans for Entering a New House N_h

<i>Saptawara</i>	<i>Pancawara</i>	<i>Neptu Saptawara</i>	<i>Neptu Pancawara</i>	<i>Neptu Weton (Neptu Saptawara + Neptu Pancawara)</i>
<i>Radite (Sunday)</i>	<i>Legi</i>	5	5	3 + 5 = 10

Table 13. Neptu Weton Head of Household N_k

<i>Saptawara</i>	<i>Pancawara</i>	<i>Neptu Saptawara</i>	<i>Neptu Pancawara</i>	<i>Neptu Weton (Neptu Saptawara + Neptu Pancawara)</i>
<i>Buda (Wednesday)</i>	<i>Pahing</i>	7	9	7 + 9 = 16

head of the household.

Next, a calculation is carried out for the entering the new house and head of household total Neptu Weton (N_T):

$$N_T = N_h + N_k = 10 + 16 = 26.$$

Subsequently, the classification was calculated based on Neptu Pancasuda using the integers modulo 5 and Neptu Jodoh using the integers modulo 8.

Neptu Pancasuda = 26. Since $26 \equiv 1 \pmod{5}$,

The remainder 1 is conventionally mapped to 5; therefore, it falls into Sri category.

Neptu Jodoh $\equiv 26$. Since $26 \equiv 2 \pmod{8}$,

The remainder 2 is conventionally mapped to 8; therefore, it falls into Ratu category.

Based on the results of the Neptu Pancasuda calculation, the outcome falls within the Sri category, which signifies the attainment of honor and prosperity. Subsequently, the Neptu Jodoh calculation indicates that the result falls in the Ratu category, meaning to be held in esteem and respected.

Accordingly, it can be concluded that Radite (Sunday) Legi is an auspicious day for the family to move into the new house.

Primbon calculations, as cultural artifacts, can be situated within an intercultural context that includes number operations and classification based on modulo arithmetic. Pedagogically, this context can be utilized to digitally teach modulo arithmetic of Z_n residues, for example, the addition operation Z^+ as an introduction, followed by Z_5 and Z_8 . By utilizing Primbon, PMTs will not only learn about specific cultural aspects but also develop deeper DIC, which is highly needed in an increasingly connected and multicultural world. They will be trained to view other cultural values from a broader perspective and think critically about how cultural differences can influence everyday behavior, especially in mathematics learning. The DIC that PMTs will later possess will help reduce misunderstandings in communication in digital classrooms, make digital mathematics learning more inclusive, support culturally responsive digital mathematics teaching, increase participation in digital mathematics discussions, manage cross-cultural digital conflicts and group work, and prepare students to develop global citizenship competencies.

References

1. Deardorff, D.K. The SAGE Handbook of Intercultural Competence / D.K. Deardorff. – Thousand Oaks : SAGE Publications, Inc, 2009.
2. Sinambela, P.N.J.M. The Need for Integrating Digital Intercultural Competence into Mathematics Education: A Comprehensive Literature Review / P.N.J.M. Sinambela, N.Kh. Savelyeva // Гуманитарные науки. – Ялта. – 2025. – Т. 3. – № 71. – С. 95–99.
3. Hartono. Petung dalam Primbon Jawa / Hartono // Lit. – 2016. – Т. 15. – No. 2. – P. 256–268.
4. Huda, M.D. Peran Dukun Terhadap Perkembangan Peradaban Budaya Masyarakat Jawa / M.D. Huda // IKADBUDI. – 2016. – Т. 4. – No. 10.

5. Sinambela, P.N.J.M. Integrasi Kompetensi Interkultural Digital dalam Pembelajaran Matematika di Era Digital Global / P.N.J.M. Sinambela, N.Kh. Savelyeva, 2026. – P. 1–13.
6. Sorge, S. Supporting mathematics and science teachers in implementing intercultural learning / S. Sorge, M. Doorman, K. Maaß, O. Straser, A. Hesse, V. Jonker, M. Wijers // *ZDM Mathematics Education*. – 2023. – Vol. 55(5). – P. 981–993.
7. Saperstein, E. Global Citizenship Education Starts with Teacher Training and Professional Development / E. Saperstein // *JGER*. – 2020. – Vol. 4(2). – P. 125–139.
8. Karjanto N., Beauducel F. An ethnoarithmetic excursion into the Javanese calendar. arXiv, 2020.
9. R. Asogwa O. и др. Mathematics Enrichment through Accelerated Learning to Mitigate Learning Loss due to COVID-19 Pandemic and Distance Learning // *Reimagining Education – The Role of E-Learning, Creativity, and Technology in the Post-Pandemic Era* / под ред. Mistretta S. IntechOpen, 2023.
10. Widayat R. Wangun Visual Concept In Pawukon Figures And Interior Design Contexts // *MJSB*. 2018. T. 33, № 3. C. 421–429.
11. Molenda M. In Search of the Elusive ADDIE Model: Performance Improvement // *Perf. Improv*. 2015. T. 54, № 2. C. 40–42.
12. Tessmer M. *Planning and Conducting Formative Evaluations*. 0 изд. Routledge, 2013.
13. Nafi'ah Z. Peran Tradisi Perhitungan Weton Perkawinan Ditinjau dari Perspektif Hukum Islam (Studi Kasus Dusun Lemah Jungkur, Desa Keniten, Kecamatan Mojo, Kabupaten Kediri) // *J-SAM*. 2022. T. 18, № 1. C. 46–56.
14. Tjakraningrat K. P. H. *Kitab Primbon Betaljemur Adammakna*. Soemodidjojo Mahadewa CV Buana Raya, 2018.
15. Utami N. W., Sayuti S. A., Jailani J. Math and Mate in Javanese Primbon: Ethnomathematics Study // *J. Math. Educ*. 2019. T. 10, № 3. C. 341–356.
16. Noeradyo S. W. S. *Kitab Primbon Betaljemur Adammakna*. Soemodidjojo Mahadewa, 2001.
17. Jafar, A. *Cosmology of Time and The Spiritual of Life in Janavese-Islamic Tradition* / A. Jafar // *AJPIF*. – 2022. – T. 19, № 1.
18. Suraida, S. *Etnomatematika pada Perhitungan Weton dalam Tradisi Pernikahan Jawa* / S. Suraida, S. Supandi, D. Prasetyowati // *Imajiner*. – 2019. – Vol. 1(5). – P. 172–176.
19. Yusuf, M.E. The adaptation of Javanese Weton on new media for matchmaking applications / M.E. Yusuf, M.I.P. Koesoemadinata // *Embracing the Future: Creative Industries for Environment and Advanced Society 5.0 in a Post-Pandemic Era* : 1-e ed. – London : Routledge, 2022. – P. 129–133.
20. Hendrawati, L.D. Pitungan and birth variations of first-born among Javanese ethnic population in Indonesia / L.D. Hendrawati // *MKP*. – 2021. – Vol. 34(4). – P. 431.
21. Gallian, J.A. *Contemporary Abstract Algebra* : 7-e ed. / J.A. Gallian. – Cengage Learning, 2010.
22. Herstein, I.N. *Topics in Algebra* : 2nd ed. / I.N. Herstein, 1975.
23. Tur, A.P.A. *Petangan Jawa: Installing Traditional Values in Names* / A.P.A. Tur, A. Munandar, D. Winarti // *NOTION J. Linguist. Lit. Cult*. – 2023. – Vol. 5(1). – P. 58–68.

ОБУЧЕНИЕ ТЭППИНГОВЫМ ПРИЕМАМ ИГРЫ НА КЛАССИЧЕСКОЙ ГИТАРЕ В ДЕТСКИХ ШКОЛАХ ИСКУССТВ

Д.С. ЩЕРБАКОВА, Ф.М. ШАК

ТОГБОУ ВО «Тамбовский государственный музыкально-педагогический институт
имени С.В. Рахманинова»,

г. Тамбов;

ФГБОУ ВО «Российская академия музыки имени Гнесиных»,

г. Москва

Ключевые слова и фразы: современные исполнительские техники; классическая гитара; акустическая гитара; перкуSSIONные техники; тэппинг; гитарная методика.

Аннотация: В статье рассматривается внедрение техники тэппинга в процесс подготовки гитаристов, обучающихся в детских школах искусств. В музыкальной среде сложилось устойчивое мнение о тэппинге как о технике, предназначенной в первую очередь исполнителям на электрогитаре. Авторами осуществлен перенос ключевых исполнительских приемов указанной техники в область классической акустической гитары. В процессе занятий с группами обучающихся был апробирован методический комплекс специализированных исполнительских приемов, внедрение которого осуществлялось в тесной интеграции с оценочными критериями, позволяющими оценить прогресс молодых исполнителей. Исходная гипотеза заключалась в том, что систематическое применение этого приема статистически значительно повысит комплекс технических показателей обучающихся. На основе анализа востребованности перкуSSIONных приемов тэппинга создан адаптированный комплекс упражнений, направленный на развитие координации, точности удара и расширения динамического диапазона. Педагогический эксперимент продемонстрировал потенциал тэппинга в качестве мотивирующей техники, способной повысить вовлеченность учащихся в работу с современным неакадемическим репертуаром. Побочным результатом проведенного эксперимента следует назвать подготовку пособия, построенного на авторских переложениях популярного детского песенного материала, адаптированного под исполнительский аппарат рассматриваемой техники.

Современная гитарная музыка демонстрирует устойчивую тенденцию, связанную с внедрением нестандартных исполнительских практик. Специального внимания заслуживает техника тэппинга, совокупность приемов которой обладает высокой зрелищностью, а порог входа для освоения остается достаточно низким, не требующим от музыканта достижения вершин виртуозности. В рамках практической деятельности, осуществляемой на базе детских школ искусств, авторами было реализовано экспериментальное внедрение тэппинга в процесс музыкального обучения. Одной из ключевых проблем при интеграции данной методики в групповую работу с обучающимися стало отсутствие необходимой методической базы. В

ходе исследования был проанализирован обширный корпус отечественной и зарубежной литературы по педагогике, истории и методике современного гитарного исполнительства. Техника дает ряд преимуществ, связанных со свободой аппликатуры, повышением скорости и точности при ударном воздействии пальцев. Способствует четкому и быстрому исполнению сложных музыкальных фраз. Также тэппинг позволяет добиваться специфических тембральных красок, отличающихся от традиционных способов извлечения звука, тем самым обогащая звук гитары.

Анализ тэппинга позволил сделать вывод: данный феномен – не просто технический прием, а прежде всего расширение арсенала



Рис. 1. Пример восходящего тэппинга

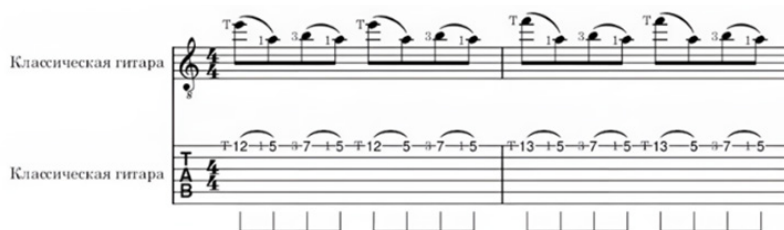


Рис. 2. Тестовое упражнение: оценка начального уровня техники тэппинга

средств гитарного исполнительства, оказавшее влияние на развитие современной инструментальной музыки. Приемы тэппинга можно услышать в области многочисленных примеров массовых и прикладных жанров, джазе и фанке. Как отмечал отечественный гитарист Д.И. Малолетов, данная техника позволяет достичь экстремальной скорости исполнения пассажей, создать качественно новое гитарное звучание и раскрыть ранее недоступные грани музыкальной экспрессии [7].

Цель статьи – формирование методических рекомендаций по внедрению тэппинговых приемов в процесс обучения классических гитаристов детских школ искусств. В первую очередь выделим, что для успешного освоения обучающимися рассматриваемой техники требуется подготовительный этап. Базовым условием для успешного овладения тэппингом является уверенное владение классическими приемами игры, в первую очередь легато. Концептуальное упрощение техники тэппинга в дидактических целях может быть достигнуто за счет ее сведения к базовым элементам легато. Как указывает К. Нейенс, целесообразно рассматривать тэппинг преимущественно как серию приемов *hammer-on* и *pull-off*, выполняемых пальцами правой руки [4].

Для целей настоящего исследования было адаптировано упражнение Д.И. Малолетова, направленное на развитие двуручного тэппинга, которое предполагает дифференцированное темброво-функциональное распределение партий: правая рука исполняет мелодическую

линию, а левая отвечает за басовую (гармоническую) поддержку. Отдельное рассмотрение получили принципы, изложенные в пособии Ч. Джонсона [6]. Здесь особый интерес представляет предложенная названным автором «концепция восходящего тэппинга» [6, с. 27]. Ее реализация сопряжена с исполнением левой рукой трех нот подряд на одной струне, в то время как правая рука исполняет одну ноту на этой же струне. Таким образом, на каждой струне исполняются 4 ноты (рис. 1).

Для оценки педагогической эффективности методических рекомендаций по освоению тэппинга в детской школе искусств проводился формирующий эксперимент. При общей значительной численности обучающихся, участвовавших в экспериментальной апробации современных гитарных техник, целенаправленная отработка тэппинговых приемов проводилась в рамках малой группы. Экспериментальная подгруппа состояла из пяти учащихся, что было обусловлено спецификой осваиваемого технического комплекса. Критерием отбора служило уверенное владение техникой легато и базовыми приемами классического звукоизвлечения. Основной целью выступало определение практической результативности предложенных методик в контексте формирования данного навыка. Экспериментальное обучение длилось 60 дней, сосредотачиваясь на освоении начальных этапов техники.

Для оценки уровня освоения исполнительских техник разработаны два ключевых критерия. Первый – «Точность попадания по

Таблица 1. Результаты тестового упражнения на прием тэппинг

№ Гитариста	Точность попадания по струнам	Динамическая выразительность	Общий балл (сумма)
1	3	2	5
2	4	3	7
3	3	3	6
4	2	2	4
5	4	3	7



Рис. 3 «В лесу родилась елочка»

струнам» – оценивает базовый двигательный контроль и четкость артикуляции по 5-балльной шкале (5 баллов – абсолютная точность извлечения звука). Второй критерий – «Динамическая выразительность» – связан со степенью контроля над амплитудой звука по 5-балльной шкале: от полного отсутствия контроля (1 балл) до свободного владения широким динамическим диапазоном (5 баллов).

Далее участники эксперимента выполнили тестовое упражнение (рис. 2), которое оценивалось по двум критериям точности попадания по струнам и динамической выразительности – с использованием пятибалльной шкалы для определения уровня освоения техники.

Результаты тестового упражнения представлены в табл. 1.

Среднегрупповые баллы по обоим критериям, рассчитанные путем деления суммарных оценок на количество испытуемых ($N = 5$), показали низкий уровень владения инструментом. Основные недостатки выявлены в точности по-

падения по струнам (ошибки в синхронизации движений рук) и динамической выразительности, проявляющейся в монотонном извлечении звука и игнорировании темповых и ритмических аспектов исполнения.

По завершении оценочного этапа участники приступили к формирующему этапу эксперимента, длившемуся два месяца. На начальном этапе основное внимание уделялось отработке восходящего и нисходящего легато под метроном. При адаптации техники тэппинга для использования на классической гитаре необходимо учитывать акустические ограничения, присущие инструменту.

Для практической апробации разработанных навыков авторы аранжировали популярную мелодию Л.К. Бекмана «В лесу родилась елочка», включив в нее элементы тэппинга, которые идеально подходят для начинающих музыкантов благодаря своей простоте и узнаваемости. После освоения комплекса подготовительных упражнений учащиеся перешли к изучению

Таблица 2. Результаты освоения пьесы «В лесу родилась елочка»

№ Гитариста	Точность попадания по струнам	Динамическая выразительность	Общий балл (сумма)
1	4	4	8
2	5	4	9
3	4	5	9
4	5	4	9
5	4	4	8

данной аранжировки для предметной апробации новых знаний, что позволило сразу же закрепить полученные технические приемы на реальном музыкальном материале.

На рис. 3 показано переложение песни «В лесу родилась елочка», в котором изучение тэппинга выстроено поэтапно. Сначала ученики осваивают мелодию традиционным способом, а затем, закрепив основу, переходят к чтению с использованием тэппинга.

В рамках экспериментальной работы было организовано систематическое разучивание пьесы. Занятия проводились дважды в неделю по 30 минут в формате уроков по специальности. Общая продолжительность этапа составила 30 дней. Итоги формирующего этапа систематизированы и представлены в табл. 2. Оценка качества исполнения пьесы «В лесу родилась елочка» осуществлялась на основе предварительно разработанных критериев.

Высокий средний балл по критерию «Точность попадания по струнам» (4,4) указывает на эффективное формирование моторных навыков, связанных с координацией движений пальцев левой и правой руки, а также на развитие точности извлечения звука, что является основополагающим для чистого исполнения тэппинга. Достижение сравнительно высокого балла свидетельствует об эффективном подборе подводящих упражнений. Средний показатель «Динамическая выразительность» (4,2), хотя и незначительно ниже по точности, тоже находится в зоне высоких оценок. Учащиеся не только освоили технические аспекты, но и начали контролировать силу перкуSSIONного удара. Это

позволяет предположить, что методические рекомендации, включающие последовательное изучение подготовительных упражнений и последующее применение их в контексте аранжированной пьесы, являются эффективными для развития как технической, так и выразительной составляющей исполнительского мастерства в технике тэппинга.

Углубленная работа, проведенная в области отработки навыков тэппинга и сопутствующей ему техники «фингерстайл», получившей рассмотрение в других наших статьях, послужила поводом для подготовки отдельного учебно-методического пособия, базирующегося на аранжировках известного отечественного песенного материала. В его основе переложения и аранжировки музыки и песен из советских мультфильмов, адаптированные под исполнение учениками с применением современных техник.

Внешняя исполнительская эффектность, значительные перкуSSIONные возможности и хорошая адаптируемость к материалу академической и популярной музыки позволяют рассматривать тэппинг в качестве эффективной современной исполнительской техники, способной заинтересовать контингент юных учащихся.

Применение тэппинга способствует расширению исполнительских компетенций и позволяет качественно проработать и разнообразить академический гитарный репертуар. Развитие дополнительных технических навыков обеспечивает увеличение силовой составляющей удара пальцами (обеими руками) и улучшение синхронизации движений.

Литература

1. Celentano, D. The Magic Touch / D. Celentano. – Anaheim : Centerstream Publications, 1986. – 40 p.

2. Cosentino A. La chitarra finger-style in Malawi. Christopher Gerald (1981), compositore ed esecutore. Dottorato di ricerca in storia, scienze e tecniche, Della musica, 2012 – 285 p.
3. Hanson M. The Art of Solo Fingerpicking: How to Play Alternating-Bass Fingerstyle Guitar Solos. West Linn: Accent on music, 1988
4. Neyens, K. Creative Tapping for Modern Guitar: Discover Creative Guitar Tapping Techniques & Licks for Any Musical Genre / Kristof Neyens, Joseph Alexander; ed. Tim Pettingale. – Ampney Crucis: Fundamental Changes Ltd., 2020. – 90 p.
5. Гован, Г. Гитара – творческий подход. Кн. 2. Продвинутая техника / Г. Гован. – Чебоксары : Креатон, 2013. – 140 с.
6. Джонсон, Ч. Тэппинг на гитаре. От основ до самых эффективных фраз и приемов / Ч. Джонсон. – Плано, 2003. – 76 с.
7. Малолетов, Д. Two Handed Rapping – прогрессивная техника игры на электрогитаре / Д. Малолетов. – М. : Guitar College, 1997. – 133 с.
8. Одоевский, В.А. Исполнительство на акустической гитаре в технике фингерстайл: исторический и методический аспекты / В.А. Одоевский, Н.В. Корчагина // Музыкальное искусство и образование. – 2020. – Т. 8. – № 2. – С. 124–139.

References

5. Govan, G. Gitara – tvorcheskij podkhod. Kn. 2. Prodvinutaya tekhnika / G. Govan. – CHEboksary : Kreaton, 2013. – 140 s.
6. Dzhonson, CH. Tepping na gitare. Ot osnov do samykh effektivnykh fraz i priemov / CH. Dzhonson. – Plano, 2003. – 76 s.
7. Maloletov, D. Two Handed Rapping – progressivnaya tekhnika igry na elektrogitare / D. Maloletov. – M. : Guitar College, 1997. – 133 s.
8. Odoevskij, V.A. Ispolnitelstvo na akusticheskoy gitare v tekhnike fingerstajl: istoricheskij i metodicheskij aspekty / V.A. Odoevskij, N.V. Korchagina // Muzykalnoe iskusstvo i obrazovanie. – 2020. – T. 8. – № 2. – S. 124–139.

© Д.С. Щербакова, Ф.М. Шак, 2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕО И ТЕКСТОВ ДЛЯ ЧТЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТЫ НА ЗАНЯТИЯХ РКИ В ВУЗЕ

Т.М. ЮДИНА, М.Е. ЧУРКИНА

*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
г. Архангельск*

Ключевые слова и фразы: видеоматериалы; чтение; лексика; терминология; интеллект-карта; Арктика; Север.

Аннотация: В статье раскрыты значимость работы с видеоматериалами, роль чтения региональных текстов на занятиях по русскому языку как иностранному (РКИ) в вузе с целью практико-ориентированного обучения инофонов, систематизация профлексии по естественно-научной специализации; представлена разработка учебно-методического сценария введения видеосюжета в помощь работы преподавателю. Дана методика составления интеллект-карты. Сформированы блоки заданий для инофонов на материале с севернорусской терминологией. Метод работы: описательный. Гипотеза: внедрить в образовательные программы РКИ курс по изучению лексики профессионального обучения студента.

В статье мы рассматриваем особенности обучения инофонов аутентичной речи по восприятию ими видеоматериалов и чтению текстов на предмете русский язык как иностранный (РКИ) и отмечаем, что начало работы нами положено в предыдущих статьях [3–6]. О значимости развития навыков аутентичной речи отражено коллегами [1; 2]. Актуальность обращения к региональным текстам по-прежнему связана с познанием новой культуры для инофонов. В исследованиях Е.Ш. Галимовой [1], Н.Ю. Крыловой [2], Т.М. Юдиной, Е.А. Кузьминой, Е.А. Саморокиной, А.А. Харитоновой [3–6] дано представление о северном тексте, данные работы являются методологической базой. Лингвокультурная компетенция обучающихся формируется на базе усвоения этнокультурного фона. «Лингвокультурология формирует причастность к культуре региона пребывания инофона и коммуникации с людьми региона» [6, с. 317]. Т.М. Юдина подготовила подкасты для инофонов «о промыслах, ориентированных на изучение ценностей социума Крайнего Севера» [6, с. 317]. Е.Ш. Галимова определяет северный текст как «севернорусский вариант картины мира» [1, с. 125]. Теоретической базой послужили работы уче-

ных Э.Г. Азимова, А.Н. Щукина; Е.М. Верещагина, В.Г. Костомарова; О.Д. Митрофановой, С.А. Хаврониной и др. Применение информатериалов знакомит инофонов со средствами и формами речи, «помогает в аудировании, информирует о событиях, дает знание о политической жизни, лингвокультурную компетенцию» [2, с. 126].

Видеofilm вызывает эмоциональный отклик учащихся: погрузиться в среду изучаемого языка, проследить совокупность неречевых условий, которые отражают культуру, историю, традиции носителей языка.

Видеотехника позволяет учителю использовать в работе видеозаписи в качестве учебного материала для обучения языку, создает почву для разработки методических рекомендаций по использованию аутентичных материалов.

Представляем тексты по профильному обучению. Видеосюжет называется «Загадки Севера. Сферолиты». Видеосюжет по специальности «Биология («Живые системы Арктики и Субарктики»); «Экология и природопользование») для естественно-научной специализации студентов.

Предпросмотровый этап. Название видео (чтение). Вопрос: О чем название видео? Что



Рис. 1. Интеллектуальная карта

вы можете сказать о нем?

В предпросмотровых упражнениях отражены фоновые знания о теме видеосюжета. Обучающиеся выдвигают гипотезы по содержанию видео. Для изучения дается новая лексика (текст или звучащая речь), которая использована в видеосюжете. После запоминания новой лексики предлагается ряд упражнений на ее закрепление.

Задание 1. Соотнесите слова с картинками. Заучите их наизусть.

Арктика, Чамп, круглые шары, песок, зубы акул, ядро, кварцит, осадочная порода, нагрев, давление, железо, сера, марказит, химическая реакция, сферолиты.

Задание 2. Выберите правильный вариант ответа.

1. Экспедиция ученых ... с явлением.
 - а) столкнулась;
 - б) встретила;
 - в) увидела.
2. Шары о. Чамп состоят ... плотно спрессованного песка.
 - а) на;
 - б) как;
 - в) из.
3. Их ядро ... органика.
 - а) происходит;
 - б) составляет;
 - в) считается.

4. Отложения ... эрозии.
 - а) относится;
 - б) воздействуют;
 - в) подверглись.
5. Впечатление сферолиты ... космическое и мистическое одновременно.
 - а) представляет собой;
 - б) производят;
 - в) появляются.

Упражнения перед просмотром видео способствуют ознакомлению обучающихся с естественно-научной терминологией, представленной в сюжете. Это создает базу для дальнейшей работы с видеосюжетом.

Просмотровый этап. В качестве задания при просмотре видео считаем эффективной работу с интеллект-картой. *Working with a mind map in RFL classes helps to increase the motivation of students, which story and analyze the map. When reviewing and analyzing video problems, it is useful to draw a diagram* [3, с. 37–38].

Интеллект-карта – метод графического выражения процессов восприятия, обработки и запоминания информации. Мы предлагаем для изучения уже готовую интеллект-карту (составленную преподавателем). Обучающиеся смотрят сюжет и анализируют карту. Интеллектуальная карта «Сферолиты» представлена на рис. 1. Преподаватель задает вопросы, проверяя

ет, как обучающиеся поняли содержание.

Так, метод интеллект-карт отражает мышление студентов.

Задание 3. Опираясь на интеллект-карту, дайте ответы на вопросы.

1. Где находятся шары-сферолиты?
2. Какой диаметр у шаров?
3. Что выяснили ученые?
4. Какой состав у сферолитов?
5. Какие виды сферолитов различают?

Вопрос: Какие факты об Арктике вы знаете? (отвечают). Далее текст. Вопросы к тексту:

1. Что такое айсберг? (Айсберги – большие куски льда, которые откалываются от ледников из-за естественных природных явлений).

2. Как можно охарактеризовать климат Арктики? (Низкие температуры, которые не поднимаются выше 0 °С даже в летний период).

3. Какие животные обитают в Арктике? (Северные олени, снежные бараны, белые медведи, тюлени, моржи и косатки).

4. Чем грозит изменение климата в Арктике? Приведите пример. (Исчезновением многих животных, например, белых медведей).

5. Какие природные ресурсы добывают в Арктике?

6. Какие народы проживают на территории Арктики? Чем они занимаются? (Ненцы, чукчи, якуты, которые занимаются охотой, рыболовством, оленеводством и промыслами).

Постпросмотровый этап. Обучающиеся читают транскрипт с редакторской правкой.

Задание 4. Прочитайте транскрипт и заполните пропуски словами, данными в скобках.

Задание 5. Сократите текст транскрипта.

Архипелаг Земля Франца Иосифа, остров Чамп, площадь 374 км² – неизученная ... (часть) Арктики. В 2001 г. экспедиция ученых столкнулась с ... (явлением), которое не могли предвидеть фантасты. Абсолютно безлюдная долина, где нет следов человеческого присутствия, усыпана круглыми ... (шарами). 50 лет назад такие шары нашли в джунглях Коста-Рики при вырубке леса под банановые плантации. Тогда ученые провели исследование и выяснили, что шары состоят из гранита, в

центре которого находится ядро вулканической породы. Единственное, что удалось понять – камни округляются быстро. Их ядро составляет органика. Шары острова Чампа состоят из спрессованного песка. Они невулканического происхождения. Размеры шаров от 1 см в диаметре до 3 м. Большие ни на одном из 199 островов архипелага не обнаружено шаров. Остров Чамп находится в центральной части архипелага Земля Франца Иосифа, назван в честь Уильяма Чампа, который в 1905 г. руководил спасательной операцией по поиску экспедиции Циглера, не сумевшей пробиться к Северному ... (полюс) и вынужденной 2 долгих года ждать спасения. В отчете командира экспедиции Энтони Фиала, изданном в 1907 г. под названием «Битва с полярным льдом», о ... (шарах) нет ни слова. Полярный исследователь Виктор Боярский считает, что шары могли быть рождены в морской ... (вода), образовавшись в мягких отложениях дна из остатков раковин, вернее из кварцита, осадочной ... (порода), которая под воздействием нагрева или давления принимает вид кристаллической структуры и марказита-минерала, образующегося в результате химической ... (реакции) железа и серы. Марказит – главный соединяющий элемент шара. Сферолит – форма роста кристалла, выросшая в результате его расщепления и последующего совместного разрастания образовавшихся при расщеплении субиндивидов по радиальным направлениям с геометрическим отбором. Специалисты различают несколько видов шаров: апсидановые – темное вулканическое стекло, гранитные и из песчаника. Иногда высказывали версию, что это дело рук пришельцев, составивших некие пока не расшифрованные анаграммы.

Нами рассмотрен учебно-методический аспект обучения аудированию, включающий работу с профориентированными видеоматериалами, насыщенными терминологией для инофонов на предмете РКИ, составлены практические задания и упражнения, а также разработана эффективная схема введения лексики по теме «Профориентированное обучение».

Литература

1. Галимова, Е.Ш. Специфика Северного текста русской литературы как локального сверхтекста / Е.Ш. Галимова // Вестник САФУ: Гуманитарные и социальные науки. – 2012. – № 1. – С. 121–129.
2. Крылова, Н.Ю. Особенности использования видео телевизионных программ «Новости» в

процессе обучения языку СМИ на этапе 1 сертификационного уровня / Н.Ю. Крылова // Вестник РУДН. Серия: Вопросы образования: языки и специальность. – 2006. – № 1(3). – С. 126–130.

3. Yudina, T.M. The Method of Compiling an Intellect Map in Classes of Russian as a Foreign Language / T.M. Yudina, A.A. Kharitonova // Reports Scientific Society. – 2022. – No. 4(32). – P. 36–39.

4. Юдина, Т.М. Обучение чтению в аспекте РКИ (на материале региональных текстов) / Т.М. Юдина, Е.А. Кузьмина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2021. – № 10(127). – С. 65–67.

5. Yudina, T.M. Phenomena of Historical Persons as a Means of Knowledge of Russian History at RFL Lessons (On the Example of the Cartoon “How Peter the First Built a Fleet in the North”) / T.M. Yudina, E.A. Samorokina // Reports Scientific Society. – 2023. – No. 8(40). – P. 93–98.

6. Юдина, Т.М. Аутентичные региональные видеоматериалы в практике обучения русскому языку как иностранному / Т.М. Юдина // Проблемы современного педагогического образования. – Ялта : Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. – 2021. – № 72-1. – С. 316–319.

References

1. Galimova, E.SH. Spetsifika Severnogo teksta russkoj literatury kak lokalnogo sverkhteksta / E.SH. Galimova // Vestnik SAFU: Gumanitarnye i sotsialnye nauki. – 2012. – № 1. – S. 121–129.

2. Krylova, N.YU. Osobennosti ispolzovaniya video televizionnykh programm «Novosti» v protsesse obucheniya yazyku SMI na etape 1 sertifikatsionnogo urovnya / N.YU. Krylova // Vestnik RUDN. Seriya: Voprosy obrazovaniya: yazyki i spetsialnost. – 2006. – № 1(3). – S. 126–130.

4. YUdina, T.M. Obuchenie chteniyu v aspekte RKI (na materiale regionalnykh tekstov) / T.M. YUdina, E.A. Kuzmina // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2021. – № 10(127). – S. 65–67.

6. YUdina, T.M. Autentichnye regionalnye videomaterialy v praktike obucheniya russkomu yazyku kak inostrannomu / T.M. YUdina // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – YAlta : Krymskij federalnij universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2021. – № 72-1. – S. 316–319.

ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА

Э.Н. АБИЛЬТАРОВА, Н.Р. АБЛЯЗОВ, В.И. ЧАЛЫШЕВА

*ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
г. Симферополь*

Ключевые слова и фразы: культура безопасности; профессиональная подготовка; формы обучения; методика обучения; интерактивные методы.

Аннотация: Цель статьи – раскрыть формы организации образовательного процесса формирования культуры безопасности профессиональной деятельности у будущих специалистов в области охраны труда. Гипотеза исследования основана на предположении о том, что выделенные формы обучения будут способствовать эффективному формированию культуры безопасности профессиональной деятельности у будущих специалистов в области охраны труда. Методы исследования: систематизация и анализ научно-педагогической литературы по проблеме внедрения интерактивных форм обучения в высшей школе; классификация и сравнение различных форм обучения; практический опыт; обобщение для формулирования выводов исследования. Результаты исследования: выделены эффективные формы формирования культуры безопасности профессиональной деятельности у будущих специалистов в области охраны труда.

В процессе разработки методики формирования культуры безопасности профессиональной деятельности (КБПД) у будущих специалистов в области охраны труда (ОТ) важным этапом является выбор форм организации учебного процесса, под которой подразумевается способ организации обучения. С помощью форм определяется, каким образом должен быть организован учебный процесс.

Анализ научно-педагогической литературы [3; 4; 6; 7] свидетельствует о значительном интересе ученых к поиску новых форм формирования культуры безопасности жизнедеятельности, культуры безопасности. Однако проблема КБПД у будущих специалистов в области ОТ требует более глубокого изучения и внимания.

В своем исследовании мы уделяли особое внимание интерактивным формам обучения, которые рассматриваются как форма организации педагогом познавательной деятельности через взаимодействие всех субъектов учебного

процесса. Интерактивное обучение позволяет решать разнообразные учебные задачи путем интегрирования и сочетания на занятии фронтальной, групповой и индивидуальных форм организации учебного процесса.

Фронтальная интерактивная работа является одной из самых распространенных форм обучения и предусматривает постоянную обратную связь на основе многостороннего коммуникативного взаимодействия. К важным особенностям интерактивного занятия в высшей школе относится в первую очередь опора на личностный опыт обучающихся, когда в образовательный процесс привносятся их знания, которые сравниваются и дополняются во время высказываний и поиска новых аргументов [2, с. 27]. Данная интерактивная форма в основном применяется в процессе лекционных занятий в высшей школе.

Групповая работа – это совместная работа членов группы, которую обучающийся может

использовать как для личностного обучения, так и для обучения других. Считается, что правильно организованная групповая работа способствует активизации познавательной деятельности обучающихся, развивает рефлексивные навыки. Основными дидактическими целями групповой работы являются: расширение представлений, углубление и детализация предметных знаний; создание новой системы и структуры научного знания; развитие способностей анализировать содержание и выделять главное, формировать общие и частные выводы; совершенствование умения выстраивать межличностные отношения.

Индивидуальная работа на занятии тоже считается активной и целенаправленной на самостоятельное приобретение обучающимися новых профессиональных знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателя. Используя данную форму организации познавательной деятельности обучающихся, мы учитывали, что индивидуальное задание должно: иметь наличие познавательной задачи проблемного характера; создать условия для проявления умственного напряжения обучающихся для принятия правильного решения; обеспечить активное и самостоятельное выполнение задания. Данная форма носит дифференцированный характер, то есть индивидуальная форма обучения, учитывая индивидуальные особенности обучающихся, позволяет создать оптимальные условия для реализации потенциальных возможностей каждого обучающегося, что является важной особенностью при формировании системы профессиональных знаний и умений в процессе выполнения практических и лабораторных работ, участия обучающихся в исследовательской деятельности, выполнения моделирования различных производственных процессов, а также в процессе разработки оптимальных условий по организации безопасных способов трудовой деятельности.

Следовательно, интерактивные формы проведения занятий в высшей школе – это такие, которые способствуют индивидуальному, групповому или коллективному изучению содержания учебного материала в процессе активного субъект-субъектного взаимодействия, в процессе обмена мнениями по решению различного рода профессионально-педагогических задач и ситуаций.

К результативным формам организации образовательного процесса формирования куль-

туры безопасности профессиональной деятельности у будущих инженеров по охране труда отнесены следующие виды:

- лекции (проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция-диалог, лекции вдвоем);
- практические и лабораторные работы интерактивного взаимодействия, предусматривающие работу в команде (в малых группах, парах, индивидуальную работу, фронтальную работу);
- семинары-практикумы, проблемные семинары;
- проведение тренинговых занятий, диспутов, обсуждение вопросов за круглыми столами и на научно-теоретических конференциях;
- самостоятельная работа;
- практическая подготовка (учебная практика, технологическая практика, педагогическая практика, практика по формированию профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности).

Рассмотрим, как реализуется интерактивное взаимодействие обучающихся на примере проведения лабораторных работ.

Лабораторные занятия как один из видов интерактивной самостоятельной работы обучающихся в высшей школе способствуют осуществлению связи науки, теории и практики единству мыслительной и практической деятельности обучающихся в процессе формирования системы профессиональных компетенций, в нашем случае в области ОТ.

В большой современной энциклопедии лабораторные работы рассматриваются как один из видов самостоятельной работы обучающихся, способствующие связи теории и практики, единству мыслительной и практической деятельности [5, с. 264]. Лабораторные работы рассматриваются и как средство обучения, в процессе которого обучающиеся под руководством педагога выполняют соответствующие исследования, направленные на творческий процесс решения проблемы [8, с. 162].

Полагается, что в процессе лабораторных работ имеет место наблюдение, анализ, сопоставление данных наблюдений, формирование выводов. Формируя КБПД будущих специалистов в области охраны труда, особое внимание мы уделяли проведению исследовательских лабораторных работ. Считается, что учебный лабораторный эксперимент – это разновидность эксперимента, проводимого в условиях специально оборудованного помещения, что обеспе-

чивает строгий контроль независимых и зависимых переменных, а благодаря этим условиям результаты учебного лабораторного эксперимента отличаются сравнительно высокой степенью надежности и достоверности.

Исследовательская деятельность обучающихся в процессе лабораторных занятий с использованием технических средств предусматривает исследования технических параметров предложенного средства, исследования рациональных способов действий при выполнении конкретного задания. Эффективность исследования при выполнении лабораторных работ зависит от многих факторов: наличие информационно-технической и графической информации; наличие разноуровневых индивидуальных заданий; сочетание коллективных и индивидуальных форм организации учебного процесса; критериев и показателей оценивания различного рода способов действий обучающихся.

При подготовке специалистов в области охраны труда почти по всем специальным дисциплинам предусмотрено выполнение лабораторных работ, в том числе и исследовательского вида. Одной из таких дисциплин является «Электробезопасность». В современных условиях большое значение приобретают вопросы популяризации знаний об опасности поражения человека электрическим током. Лабораторная работа по исследованию сопротивления тела человека электрическому току предполагает измерение сопротивления различных участков тела с последующим анализом возможных поражений в цепях однофазного тока. В качестве оборудования предлагается стенд для измерения сопротивления ИСТ-ОТ1. В процессе лабораторной работы необходимо осуществить измерения сопротивления тела в зависимости от частоты, формы приложенного напряжения и площади контакта с токоведущей частью, произвести анализ опасности поражения электрическим током при различных напряжениях сети по пути «рука-рука», «рука-ноги». С этой целью обучающимся предлагается выполнить измерение сопротивления тела «правая рука-ноги», «левая рука-ноги» с помощью прибора, результаты занести в таблицу и произвести необходимые вычисления, выполнить анализ опасности поражения электрическим током при различных напряжениях в сети, сформировать характер поражения в условиях моделирования прикосновения к токоведущей части электро-

установки, обосновать полученные результаты, сформулировать общие выводы.

В лабораторной работе «Измерение порогов чувствительности» по дисциплине «Эргономика рабочего места» студентам предлагалось определить порог ощущения прикосновения на тыльной стороне ладони при различной последовательности изменения величины раздражителя и порог ощущения силы тяжести (мышечного ощущения руки). В качестве материально-технического обеспечения использовались следующие приборы: эстезиометр (циркуль Вебера) или чертежный измеритель; измерительная линейка; комплект из 15 маркированных двузначными цифрами грузов массой от 43 до 57 г. Работа выполняется в парах по два человека: один экспериментатор, один испытуемый. Так, к началу опыта готовят специальный бланк протокола исследования. Испытуемый кладет руку ладонью на стол. Экспериментатор дотрагивается до тыльной стороны ладони испытуемого «ножками» эстезиометра, а испытуемый определяет число прикосновений – один или два. Во время опыта испытуемый не должен видеть ни своей руки, ни «ножек» эстезиометра. В соответствии с тем, что он чувствует, испытуемый должен сказать: «одно», «два» или «не знаю», а экспериментатор заносит в протокол ответ испытуемого. Расстояние между «ножками» эстезиометра изменяют от 0 до 45 мм через интервал 3 мм, используя для этого три вида последовательности изменения расстояния: возрастающая – от 0 до 45 мм; нисходящая – от 45 мм до 0; в случайном порядке. После проведения экспериментальных исследований обязательным элементом данной лабораторной работы является математическая обработка результатов наблюдений, где студенты должны рассчитать частные значения разностного порога кожной чувствительности, полученные соответственно в возрастающей, убывающей и случайной последовательностях изменения расстояния.

Учитывая то, что лабораторные работы – это более исследовательская деятельность студентов, нами в этой лабораторной работе предлагалось осуществить второй опыт, который предусматривал определение разностного порога мышечных ощущений. Так, работа выполняется в парах. Перед выполнением опыта готовят бланк протокола, находят груз № 23 (эталон) и «перемешивают» другие грузы. Испытуемый сравнивает массу каждого груза с

эталон и дает вывод, больше она или меньше эталона. Во время сравнения используют лишь одну руку, в которую испытуемый поочередно берет эталон и оцениваемый груз. Оцениваемые грузы подаются в случайном порядке. Возможные ответы испытуемого «больше», «меньше», «равны» или «трудно ответить» заносят в протокол знаками соответственно «>», «<», «=» или «?» против номера груза, который сравнивался с эталоном. Для каждого испытуемого опыт повторяют трижды, делается вывод относительно кожной чувствительности в зависимости от различных раздражителей. Как видим, лабораторные работы способствуют развитию

научно-исследовательских навыков и учат работать в команде.

Таким образом, формирование КБПД у будущих специалистов в области охраны труда будет эффективным, если учебный процесс в высшей школе будет основан на использовании интерактивных организационных форм, методов, педагогических и производственных технологий обучения в процессе прохождения разного рода практик, самообразовательной деятельности.

В дальнейших исследованиях нами будут рассмотрено использование интерактивных форм обучения на лекционных занятиях.

Литература

1. Абитова, Ш.Ю. Проблемное обучение как фактор формирования профессиональных компетенций бакалавров в области охраны труда / Ш.Ю. Абитова, Г.Ш. Ниметулаева // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2023. – № 12-1(153). – С. 54–58.
2. Голованова, И.И. Практики интерактивного обучения : метод. пособие / И.И. Голованова, Е.В. Асафова, Н.В. Телегина. – Казань : Казан. ун-т, 2014. – 288 с.
3. Кисляков, П.А. Формы и средства формирования культуры безопасности учащихся / П.А. Кисляков, Ю.В. Киселев // Педагогика безопасности: наука и образование : сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, Екатеринбург, 12 декабря 2011 г. / сост. и общ. ред. В.В. Гафнера; Уральский государственный педагогический университет. Т. 2. – Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2012. – С. 29–34.
4. Попов, В.А. Методы и формы формирования культуры безопасности жизнедеятельности / В.А. Попов // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Актуальные вопросы безопасности при формировании культуры безопасной жизни : материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Воронеж, 29–30 марта 2018 г. В 3-х частях. Часть I. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2018. – С. 23–29.
5. Рапацевич, Е.С. Педагогика. Большая современная энциклопедия / Е.С. Рапацевич. – Минск : Современное слово, 2005. – 719 с.
6. Сухарева, И.Л. Активные и интерактивные формы проведения занятий по безопасности жизнедеятельности в формировании культуры безопасности / И.Л. Сухарева // Социально-экономические проблемы развития малых муниципальных образований : материалы международной научной конференции, Княгинино, 20–24 сентября 2014 г. – Княгинино : Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2014. – С. 135–138.
7. Чиняева, Т.С. Пропаганда норм и правил безопасного поведения как одна из эффективных форм формирования культуры безопасности жизнедеятельности / Т.С. Чиняева // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – 2019. – № 5(12). – С. 69–71.
8. Эрганова, Н.Е. Методика профессионального обучения : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е. Эрганова. – М. : Академия, 2008. – 160 с.

References

1. Abitova, SH.YU. Problemnoe obuchenie kak faktor formirovaniya professionalnykh kompetentsij bakalavrov v oblasti okhrany truda / SH.YU. Abitova, G.SH. Nimetulaeva // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2023. – № 12-1(153). – S. 54–58.
2. Golovanova, I.I. Praktiki interaktivnogo obucheniya : metod. posobie / I.I. Golovanova,

E.V. Asafova, N.V. Telegina. – Kazan : Kazan. un-t, 2014. – 288 s.

3. Kislyakov, P.A. Formy i sredstva formirovaniya kultury bezopasnosti uchashchikhsya / P.A. Kislyakov, YU.V. Kiselev // *Pedagogika bezopasnosti: nauka i obrazovanie : sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Ekaterinburg, 12 dekabrya 2011 g. / sost. i obshch. red. V.V. Gafnera; Uralskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet. T. 2. – Ekaterinburg : Uralskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet, 2012. – S. 29–34.

4. Popov, V.A. Metody i formy formirovaniya kultury bezopasnosti zhiznedeyatelnosti / V.A. Popov // *Kompleksnye problemy tekhnosfernoj bezopasnosti. Aktualnye voprosy bezopasnosti pri formirovanii kultury bezopasnoj zhizni : materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj Godu kultury bezopasnosti, Voronezh, 29–30 marta 2018 g. V 3-kh chastyakh. CHast I.* – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennij tekhnicheskij universitet, 2018. – S. 23–29.

5. Rapatsevich, E.S. *Pedagogika. Bolshaya sovremennaya entsiklopediya* / E.S. Rapatsevich. – Minsk : Sovremennoe slovo, 2005. – 719 s.

6. Sukhareva, I.L. Aktivnye i interaktivnye formy provedeniya zanyatij po bezopasnosti zhiznedeyatelnosti v formirovanii kultury bezopasnosti / I.L. Sukhareva // *Sotsialno-ekonomicheskie problemy razvitiya malykh munitsipalnykh obrazovanij : materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii, Knyaginino, 20–24 sentyabrya 2014 g.* – Knyaginino : Nizhegorodskij gosudarstvennij inzhenerno-ekonomicheskij institut, 2014. – S. 135–138.

7. CHinyaeva, T.S. Propaganda norm i pravil bezopasnogo povedeniya kak odna iz effektivnykh form formirovaniya kultury bezopasnosti zhiznedeyatelnosti / T.S. CHinyaeva // *CHelovek-Priroda-Obshchestvo: Teoriya i praktika bezopasnosti zhiznedeyatelnosti, ekologii i valeologii.* – 2019. – № 5(12). – S. 69–71.

8. Erganova, N.E. *Metodika professionalnogo obucheniya : ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij* / N.E. Erganova. – M. : Akademiya, 2008. – 160 s.

© Э.Н. Абильтарова, Н.Р. Аблязов, В.И. Чальшева, 2026

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ ВИЗУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

М.А. БОГАЧ

*БУ ВО «Сургутский государственный университет»,
г. Сургут*

Ключевые слова и фразы: визуальная коммуникация студентов; визуальная грамотность; цифровая трансформация образования; компетентностный и деятельностный подход; мультимодальная коммуникация; профессиональная подготовка студентов.

Аннотация: В условиях цифровой трансформации высшего образования усиливается роль визуальных форм представления информации, что обуславливает необходимость переосмысления подготовки студентов к мультимодальной коммуникации. Статья посвящена вопросам актуализации проблемы развития навыков визуальной коммуникации студентов вузов как самостоятельного направления педагогических исследований. Целью работы является теоретическое обоснование значимости формирования навыков визуальной коммуникации в структуре профессиональной подготовки обучающихся в высшей школе. На основе теоретического анализа и синтеза научной литературы выявлено педагогическое противоречие между активным использованием визуальных средств и недостаточной сформированностью у студентов навыков их осознанного применения, а также выделен дефицит, проявляющийся в подмене визуальной коммуникации цифровой грамотностью. Сделан вывод о необходимости теоретической фиксации развития навыков визуальной коммуникации как актуальной и недостаточно разработанной педагогической проблемы. Подчеркнута необходимость исследования феномена визуальной коммуникации студентов вузов с учетом современных тенденций развития цифровых и информационных технологий, обусловленных появлением и активным распространением нейросетей.

Цифровая трансформация и информатизация высшего образования обусловили радикальное изменение характера представления, восприятия и интерпретации информации, что связано с состоянием и тенденциями формирования информационного общества. В частности, современная образовательная среда развивается в условиях экспоненциального распространения медиаконтента, ускорения образовательной коммуникации и интеграции цифровых платформ в процесс обучения. Закономерно, что потребность в направленном развитии навыков визуальной коммуникации студентов вузов приобретает выраженный характер, поскольку в текущей ситуации визуализация становится самостоятельным структурообразующим компонентом образовательной коммуникации. Как подчеркивается в исследовании В.Э. Шевченко, визуальная коммуника-

ция формируется в качестве научного направления, вобравшего в себя положения дизайна, журналистики, психологии, эстетики, семиотики, информационных технологий и социальных коммуникаций; исходя из этого, визуальный компонент сообщения обладает собственной семантической и прагматической нагрузкой. По справедливому замечанию автора, общая роль визуализации медийного содержания возрастает, так как заинтересовать аудиторию способен не столько сам текст, сколько визуальные акценты, которые определяют первое восприятие сообщения [8]. В ответ на это в современном высшем образовании широкое применение находят презентации, инфографика, видеофрагменты, интерактивные схемы, цифровой контент и т.п., так как визуальная форма коммуникации становится опосредованным способом трансляции знаний и их освоения обучающимися.

Особенно значимой представляется мысль о том, что визуальный контент на протяжении длительного периода времени практически не выделялся исследователями как самостоятельный объект анализа, так как находился на границе различных дисциплин; в образовательном дискурсе аналогичная ситуация проявляется в том, что визуализация используется повсеместно, но ее коммуникативная и когнитивная функции остаются недостаточно формализованными.

Как итог, учитывая, что коммуникация характеризуется тенденцией к семиотическому слиянию визуального и вербального компонентов, студент включается в образовательное взаимодействие уже как участник визуально насыщенной среды, поэтому требуется формирование и развитие навыков декодирования, интерпретации и создания визуальных сообщений.

Закономерно, что внедрение технологий визуального представления учебной информации в высшей школе сопровождалось трансформацией структуры самого образовательного процесса; проявившийся дефицит осознанных навыков применения визуализации студентами стал результатом инструментального использования средств визуальной коммуникации. Тем самым формируется противоречие между тем, что визуальные средства используются все шире, и тем, что умения их осмысленного, коммуникативно оправданного применения остаются недостаточно сформированными у студентов.

По мнению И.В. Лобашева и В.Д. Лобашева, традиционная текстоцентрическая модель обучения исчерпала возможности интенсификации образовательного процесса, что обусловило обращение педагогики к закономерностям визуального восприятия и развитию образного мышления студентов; вместе с тем массовое проникновение технологий визуализации невозможно без переосмысления педагогических позиций участников образовательного взаимодействия [6]. По этой же причине задача развития навыков визуальной коммуникации студентов приобретает приоритетный характер.

Основная сложность в решении представленной задачи заключается в том, что всецело визуализация способствует активизации когнитивных ресурсов, мобилизации образного мышления и усилению коммуникативной составляющей учебного процесса; однако, с

другой стороны, она может усиливать фрагментарность восприятия и провоцировать переутомление обучающихся, впоследствии приводить к неспособности потреблять текстоцентричные материалы. Соответственно, формируется ряд противоречий, также актуализирующих проблему развития навыков визуальной коммуникации студентов:

- визуализация учебного материала становится обязательным компонентом современной образовательной среды (в особенности цифровой, или опосредованной информационно-коммуникационными и цифровыми технологиями);

- навыки анализа, критической интерпретации и самостоятельного создания визуально-вербальных сообщений формируются у студентов стихийно;

- технологическое оснащение образовательного процесса в целом опережает развитие теории и методики преподавания, в особенности в части ведущих технологий;

- повышается риск подмены понимания внешней наглядностью и привлекательностью, простотой восприятия.

Следовательно, проблема развития навыков визуальной коммуникации выходит за пределы технического освоения цифровых инструментов и нуждается в теоретическом осмыслении в границах педагогики высшей школы. Именно в зоне указанного противоречия формируется актуальное проблемное поле исследования.

Итак, осмысление обозначенного педагогического противоречия невозможно без обращения к понятийному аппарату, который позволит разграничить развитие навыков визуальной коммуникации в структуре профессиональной подготовки студентов. В этой связи важным выступает понятие визуальной грамотности, которое в современных исследованиях приобретает статус универсального метакомпетентностного ресурса личности.

Так, например, Л.Ю. Щипицина подчеркивает, что в условиях информационного общества владение технологиями визуализации и развитие визуальной грамотности становятся необходимыми для эффективной коммуникации в повседневной и профессиональной жизни. Визуальная грамотность трактуется автором как способность понимать и производить визуальные и визуально-вербальные тексты, что выводит ее за пределы простого владения цифровыми инструментами, то есть речь идет о



Рис. 1. Функции визуальной грамотности в структуре профессиональной подготовки студентов вузов

Таблица 1. Разграничение понятий «визуальная грамотность» и «визуальная коммуникация»

Критерий сравнения	Визуальная грамотность	Визуальная коммуникация
Определение (составлено автором)	интегративная способность субъекта воспринимать, интерпретировать, анализировать и критически оценивать визуальные образы, а также создавать визуальные сообщения с учетом их смысловой и структурной организации	процесс и результат целенаправленного создания, передачи и интерпретации смыслов посредством визуальных и визуально-вербальных средств в конкретной коммуникативной ситуации
Преобладающая функция	когнитивно-аналитическая	деятельностная и коммуникативная
Основные отличительные характеристики	способность декодировать визуальные знаки и символы; понимание композиционных, графических и семиотических принципов; умение структурировать информацию в визуальной форме; критическая оценка достоверности и адекватности визуального контента	проектирование визуального сообщения с учетом аудитории; интеграция текста, графики, цвета, структуры; соответствие визуального контента профессиональному контексту; достижение коммуникативного эффекта (убеждение, информирование, презентация)
Преобладающая сфера	относится преимущественно к когнитивной сфере и отражает уровень освоения визуального языка как системы знаков и смыслов	относится к деятельностному и социальному измерению, т.к. предполагает взаимодействие субъекта с адресатом в рамках определенной профессиональной или учебной ситуации
Место в структуре компетенций	универсальная метакомпетенция, отражающая готовность и способность работать с визуально представленной информацией	непосредственная составляющая профессиональной компетентности современного специалиста

способности к интерпретации, структурированию и смысловому конструированию информации в визуальной форме [9].

Опираясь на исследование автора, особую значимость имеет положение о том, что визуальная грамотность интегрирует аналитические, коммуникативные и креативные компоненты деятельности, то есть она соотносится с компетентностным подходом, в рамках которого образовательный результат понимается в качестве совокупности компетенций. Соответственно, визуальная коммуникация является интегративной способностью, которая влияет на качество профессионального взаимодействия.

Исходя из положений компетентностного подхода, рядом стоящим с ним видится и технологический подход в образовании; здесь

стоит выделить понятие «коммуникативно-визуальные технологии», под которыми понимаются педагогические технологии, деятельностные способы развития компетенций при работе с визуально-вербальными текстами (путем формирования способности проектировать, кодировать и декодировать смысл в мультимодальной среде).

В контексте профессиональной подготовки студентов вузов, как было подчеркнуто ранее, важным понятием является визуальная грамотность, которая выполняет несколько функций (рис. 1).

При этом формирование визуальной грамотности напрямую связывается с развитием визуальной коммуникации, однако не тождественно ему (табл. 1).

В этом контексте возникает главная про-

блема – несмотря на возрастающее внимание к вопросам визуализации в образовательной среде, теоретико-методологическое осмысление развития навыков визуальной коммуникации остается фрагментарным. Так, в научных и практико-ориентированных работах нередко происходит смешение понятий «визуальная грамотность», «информационная грамотность», «цифровая грамотность», «цифровая компетентность» и т.п. В результате развитие навыков визуальной коммуникации подменяется освоением технических средств представления информации.

Как справедливо указывают Е.Е. Лапшева и М.В. Храмова, визуализация в образовательном процессе рассматривается с позиции способа организации и управления растущими потоками информации, который делает возможным более эффективное усвоение материала [4]. Однако основной акцент в некоторых исследованиях смещается в сторону преимущественно использования информационно-коммуникационных технологий как инструмента подачи материала. Визуальная грамотность при этом нередко трактуется как умение работать с графическими редакторами, презентационными программами и мультимедийными ресурсами (причем применительно как к студентам, так и педагогическим работникам).

Однако, помимо приведенного, в структуру визуальной грамотности необходимо включать и способность понимать и интерпретировать визуальные образы, что выходит за рамки технической подготовки к использованию визуальных средств и ресурсов. Тем самым визуальная грамотность предполагает овладение механизмами смысловой свертки и развертки информации, развитие тезауруса, формирование когнитивных структур, которые будут обеспечивать осмысленное восприятие графических и символических форм.

Важно также подчеркнуть и тот факт, что в рамках упомянутого компетентностного, а следовательно, и деятельностного подхода визуальная коммуникация должна рассматриваться и как форма подачи информации преподавателем, и как результат активной деятельности студента по созданию и интерпретации визуально-вербальных структур, то есть принципиально важным представляется включение обучающегося в процессы проектирования визуального содержания, так как без этого невозможно говорить о сформированности соответствующих

навыков. Пассивное потребление должно сменяться активным участием в работе с визуальной информацией, то есть быть направленным на визуальную коммуникацию в ходе образовательного процесса. Только таким образом возможно постепенное формирование навыков визуальной коммуникации.

С другой стороны, постановка проблемы развития навыков визуальной коммуникации в высшем образовании изначально является противоречивой, так как, по сути, студент уже погружен в визуально насыщенную цифровую среду. Тем не менее наличие постоянного контакта с визуальными образами не тождественно владению инструментарием их осмысленного анализа и создания. В этой связи М.А. Чабан и М.В. Храмова отмечают, что глобальная тенденция к визуализации информации создает потребность в формировании визуальной грамотности, особенно у студентов педагогических направлений, поскольку именно они в дальнейшем становятся трансляторами образовательного контента. Авторы подчеркивают, что особенности мышления современного поколения обучающихся (ориентация на визуальные форматы, фрагментарность восприятия, высокая скорость переключения внимания и т.п.) усиливают потребность в развитии способности критически интерпретировать и структурировать визуальные сообщения [7].

При этом, в случае отсутствия организованной работы по формированию визуальной грамотности, возникают следующие риски:

- риски влияния на учебную коммуникацию, в случае которых студенты используют визуальные средства формально, не выстраивают логическую структуру сообщения, что приводит к нарушению смысловой целостности презентаций, постеров, инфографики;
- фрагментарность восприятия и поверхностность понимания с преобладанием типового восприятия без интерпретации и стремления искать смысл, что снижает степень усвоения содержания;
- недостаточная профессиональная выразительность, которая представляется с позиции ясной и структурированной подачи информации в мультимодальном формате;
- отсутствие визуально-коммуникативных навыков снижает конкурентоспособность выпускника и его умение работать с информацией различного типа;
- дефицит визуальной грамотности озна-

чает невозможность качественно организовать собственную деятельность в цифровой среде, влияние которой на текущем этапе кардинально. В контексте организации работы по формированию визуальной грамотности перспективным видится обращение к современным практикам визуализации, которые стали закономерным ответом на необходимость развития навыков визуальной коммуникации студентов.

1. Использование цифровых средств визуализации учебной информации (ментальные карты, шкалы времени, мультимедийные презентации, цифровые платформы), которые позволяют одновременно интегрировать текст, графику, анимацию, звук в едином продукте [1].

2. Применение скрайбинга как формы интерактивной визуальной коммуникации (скрайбинг – метод визуализации информации, при котором сложные идеи, устная речь или тексты превращаются в простые рисунки, схемы и символы в реальном времени или заранее). Скрайбинг рассматривается как средство интерактивной визуальной коммуникации, которое позволяет представить информацию в сжатой, наглядной и эмоционально воздействующей форме [2].

3. Ориентация на скрайбинг как технологию визуализации образовательного процесса, что применимо в задачах развития критического и творческого мышления обучающихся [3].

4. Активное внедрение инфографики и фреймо-графического подхода с упором на структурирование больших объемов информации, поддержание креативной ориентации когнитивного вектора мышления (при одновременном исключении избыточной наглядности) [5].

С другой стороны, с учетом стремительного на протяжении последних нескольких лет распространения нейросетевых технологий и появления больших языковых моделей (*LLM*), описанные выше угрозы и практики развития навыков визуальной коммуникации студентов в системе высшего образования сталкиваются с дополнительными проблемами. Все более распространенной на практике является ситуация, при которой обработка, структурирование материала, выделение главного, поиск связей и за-

висимостей (в особенности при работе с полнотекстовыми материалами) и т.п. переводятся на нейросети. Соответственно, необходимость направленного развития навыков визуальной коммуникации усиливается, и подкрепляется задачами осмысления ограничений, особенностей работы и проблем, связанных с влиянием нейросетей (которые стоит воспринимать как одну из новых технологий в образовании). При этом данная проблема отражает высказанную в начале исследования позицию, гласящую о том, что практика визуализации существенно опережает ее теоретико-методологическое осмысление, а активное использование визуальных средств не тождественно развитию соответствующих навыков у студентов.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно актуализировать проблему развития навыков визуальной коммуникации студентов вузов как педагогическую проблему; в частности, сегодня визуализация становится доминирующей формой представления информации, а активное использование визуальных средств происходит (нередко) при отсутствии целенаправленного формирования соответствующих навыков. В то же время влияние визуальной грамотности на качество учебной и профессиональной коммуникации существенно. Именно поэтому развитие навыков визуальной коммуникации студентов вузов следует рассматривать как актуальную и недостаточно разработанную педагогическую проблему, обусловленную цифровой трансформацией высшего образования и изменением характера учебной и профессиональной коммуникации.

Данное направление требует дальнейшего теоретико-методологического осмысления и разработки концепции формирования визуально-коммуникативных компетенций в структуре профессиональной подготовки.

Тем самым назначение настоящего исследования и полученных результатов заключается в том, что им создается теоретическая основа для последующих работ, направленных на уточнение содержания, структуры и механизмов развития навыков визуальной коммуникации в высшей школе.

Литература

1. Агальцова, Д.В. Современные средства визуализации учебной информации при обучении иностранному языку в вузе / Д.В. Агальцова, Л.В. Миляева // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2022. – Т. 12. – № S1. – С. 11–17.

2. Желтухина, М.Р. Скрайбинг как средство интерактивной визуальной коммуникации / М.Р. Желтухина, Е.Б. Пономаренко // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 71-4. – С. 95–99.
3. Кутепова, Л.И. Скрайбинг как технология визуализации образовательного процесса / Л.И. Кутепова, Ж.В. Смирнова, В.Ш. Комлева, А.А. Стряпихина // Балтийский гуманитарный журнал. – 2021. – Т. 10. – № 3(36). – С. 153–156.
4. Лапшева, Е.Е. Развитие визуальной грамотности обучаемых средствами информационно-коммуникационных технологий / Е.Е. Лапшева, М.В. Храмова // Гаудеамус. – 2011. – № 2(18). – С. 53–56.
5. Лобашев, В.Д. Инфографика и наглядность в процессах подготовки студентов ПетрГУ / В.Д. Лобашев // Вестник Мининского университета. – 2021. – Т. 9. – № 4(37). – С. 3.
6. Лобашев, И.В. Визуализация информации в образовательном процессе / И.В. Лобашев, В.Д. Лобашев // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2021. – Т. 27. – № 4. – С. 299–304.
7. Чабан, М.А. Проблемы формирования визуальной грамотности студентов педагогических направлений / М.А. Чабан, М.В. Храмова // Современное педагогическое образование. – 2022. – № 8. – С. 65–68. – DOI: 10.24412/2587-8328-2022-8-65-68.
8. Шевченко, В.Э. Теоретические основы визуальной коммуникации / В.Э. Шевченко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 20(163). – С. 174–180.
9. Щипицина, Л.Ю. Технологии развития визуальной грамотности при изучении иностранного языка в вузе / Л.Ю. Щипицина // Филологический класс. – 2022. – Т. 27. – № 4. – С. 195–204.

References

1. Agaltsova, D.V. Sovremennye sredstva vizualizatsii uchebnoj informatsii pri obuchenii inostrannomu yazyku v vuze / D.V. Agaltsova, L.V. Milyaeva // Gumanitarnye nauki. Vestnik Finansovogo universiteta. – 2022. – Т. 12. – № S1. – С. 11–17.
2. ZHeltukhina, M.R. Skrajbing kak sredstvo interaktivnoj vizualnoj kommunikatsii / M.R. ZHeltukhina, E.B. Ponomarenko // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2021. – № 71-4. – С. 95–99.
3. Kutepova, L.I. Skrajbing kak tekhnologiya vizualizatsii obrazovatel'nogo protsesssa / L.I. Kutepova, Zh.V. Smirnova, V.Sh. Komleva, A.A. Stryapikhina // Baltijskij gumanitarnij zhurnal. – 2021. – Т. 10. – № 3(36). – С. 153–156.
4. Lapsheva, E.E. Razvitie vizualnoj gramotnosti obuchaemykh sredstvami informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologij / E.E. Lapsheva, M.V. KHramova // Gaudeamus. – 2011. – № 2(18). – С. 53–56.
5. Lobashev, V.D. Infografika i naglyadnost v protsessakh podgotovki studentov PetrGU / V.D. Lobashev // Vestnik Mininskogo universiteta. – 2021. – Т. 9. – № 4(37). – С. 3.
6. Lobashev, I.V. Vizualizatsiya informatsii v obrazovatel'nom protsesse / I.V. Lobashev, V.D. Lobashev // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika. – 2021. – Т. 27. – № 4. – С. 299–304.
7. CHaban, M.A. Problemy formirovaniya vizualnoj gramotnosti studentov pedagogicheskikh napravlenij / M.A. CHaban, M.V. KHramova // Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie. – 2022. – № 8. – С. 65–68. – DOI: 10.24412/2587-8328-2022-8-65-68.
8. SHEvchenko, V.E. Teoreticheskie osnovy vizualnoj kommunikatsii / V.E. SHEvchenko // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki. – 2013. – № 20(163). – С. 174–180.
9. SHCHipitsina, L.YU. Tekhnologii razvitiya vizualnoj gramotnosti pri izuchenii inostrannogo yazyka v vuze / L.YU. SHCHipitsina // Filologicheskij klass. – 2022. – Т. 27. – № 4. – С. 195–204.

ЛАГРАНЖЕВО И ЭЙЛЕРОВО ОПИСАНИЕ: ОТ ТРАЕКТОРИИ К ПОЛЮ В ОБУЧЕНИИ БУДУЩИХ БИОФИЗИКОВ

О.С. ЗАВЬЯЛОВА, И.В. ГОЛОВЧЕНКО, В.Д. РАТНИКОВ, И.С. ПАШКОВА

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь*

Ключевые слова и фразы: биофизика; лагранжево описание; материальная производная; механика сплошных сред; методика преподавания; полевое описание; эйлерово описание.

Аннотация: Качество подготовки современных ученых и исследователей обычно оценивают по уровню их овладения профессиональными компетенциями. Эти компетенции начинают формироваться уже на первых курсах университета в процессе освоения фундаментальных дисциплин физико-математического цикла. Целью данной работы является выработка методологических рекомендаций для обеспечения преемственности при изучении дисциплин курса общей и теоретической физики для студентов направления «Физика», профиля «Биофизика и биоинформатика». Эмпирической базой исследования выступают основополагающие понятия дисциплины «Механика сплошных сред», базовыми пререквизитами которой являются такие разделы курса общей физики, как «Механика» и «Молекулярная физика». Достигнутые результаты: предложена методика преодоления типичных затруднений студентов при переходе к эйлерову описанию на основе задач из области биофизики.

Введение

По окончании первого курса у студентов, как правило, уже сформирована достаточно устойчивая и внутренне согласованная картина механического движения: движение тел описывается через координаты и их производные по времени. Движение считается полностью определенным, если в каждый момент времени для каждой точки заданы уравнения, описывающие ее положение, то есть известны уравнения траекторий всех частиц. По существу, это лагранжевый подход, поскольку внимание сосредоточено на конкретном объекте, его индивидуальной траектории, скорости и ускорении.

При изучении механики жидкости в рамках курса теоретической механики обучающиеся сталкиваются с моделями принципиально иного типа, в которых основными объектами рассмотрения становятся не отдельные материальные точки, а непрерывные поля концентраций, скоростей и давлений. Именно на этом этапе и возникают существенные трудности понимания, поскольку меняется сам объект описания:

вместо отслеживания индивидуального движения частиц рассматривается распределение физических величин в пространстве и времени. Это приводит к ошибочным выводам, неточным объяснениям и противоречивым рассуждениям при решении задач.

В статье проведен анализ типичных трудностей, возникающих у студентов второго курса, специализирующихся в области биофизики, при переходе от лагранжева к эйлерову способу описания движения сплошной среды, а также обсуждение методических приемов, позволяющих своевременно выявить и скорректировать данные трудности. Корректное понимание полевого описания процессов переноса, диффузии и течения играет для будущих биофизиков принципиально важную роль в формировании профессиональной компетентности.

Методическая мотивация и диагностический опрос

Ежегодно перед началом курса по механике сплошных сред студентам предлагается пройти

краткий диагностический опрос, позволяющий выяснить наличие типичных трудностей, возникающих при переходе к изучению этой дисциплины. Ниже в качестве примера приведено несколько вопросов из опросника.

Вопрос 1. В стационарном течении жидкости скорость в каждой точке пространства не зависит от времени. Испытывает ли частица жидкости ускорение?

Вопрос 2. Уравнение диффузии описывает:

А) движение отдельной молекулы;

Б) среднюю траекторию молекул;

В) изменение распределения концентрации.

Вопрос 3. Если концентрация вещества в некоторой точке пространства не меняется со временем, означает ли это, что молекулы в этой точке покоятся?

Вопрос 4. Температура в комнате распределена неравномерно, но распределение не меняется со временем. В некоторой точке пространства температура постоянна. Если через эту точку проходит поток воздуха, испытывает ли отдельная частица воздуха изменение температуры?

Вопрос 5. В стационарном состоянии концентрация ионов по обе стороны клеточной мембраны не изменяется со временем. Можно ли утверждать, что ионы через мембрану не проходят?

Анализ полученных ответов показывает, что часть опрошенных интерпретирует поля физических величин в лагранжевом смысле, ожидая от них информацию о движении частиц. Так при ответе на вопрос 2 часто встречаются ответы А) или Б). Студенты часто интерпретируют уравнение диффузии как описание движения отдельных молекул, подменяя этим статистическое описание. Часть обучающихся на вопрос 5 отвечают утвердительно, игнорируя возможность равных по величине встречных потоков (динамическое равновесие), при этом происходит отождествление стационарности распределения с отсутствием переноса вещества.

Главным источником ошибок при введении материальной производной является не вычислительная сложность формулы, а смешение студентами понятий полной и частной производной. В традиционных курсах механики сплошной среды [1; 2] материальная производная чаще всего вводится в виде готовой формулы:

$$\frac{Df}{Dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) f,$$

после чего следует ее физическая интерпретация. Однако опыт показывает, что для значительной части студентов формула остается «чужеродной»: они запоминают ее структуру, но не понимают ее происхождения. Студенты не могут объяснить, почему возникает конвективный член и откуда берется оператор $\mathbf{v} \cdot \nabla$. Ряд обучающихся нередко отождествляют производную по времени с изменением величины «вообще», не уточняя, в какой системе описания она рассматривается. Часть аудитории воспринимает символ Df/Dt как обозначение принципиально новой операции, не связанной с обычной полной производной.

Структура лекционного изложения

В связи с этим предлагаем следующую структуру изложения лекционного материала. В лагранжевом описании каждая частица среды маркируется начальной координатой a , и ее движение задается функцией:

$$x = x(a, t),$$

где a и t – независимые переменные. При эйлеровом подходе физические величины рассматриваются как функции координаты и времени. Таким образом, $f(x, t)$ вдоль траектории частицы можно записать:

$$f(a, t) = f(x(a, t), t).$$

Если взять полную производную по времени при фиксированном a :

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt}.$$

Но

$$\frac{dx}{dt} = v(x, t).$$

Следовательно,

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + v \frac{\partial f}{\partial x}.$$

Именно это выражение и называется материальной (субстанционной) производной. Нужно показать, что материальная производная – это не новая операция, а следствие применения правила дифференцирования сложной функции при переходе от лагранжева к эйлерову описанию $(a, t) \rightarrow (x, t)$. А дополнительный член $v \frac{\partial f}{\partial x}$ возникает из-за зависимости координаты частицы от времени. Для произвольного скалярного поля, например, концентрации C или температуры T материальная производная в трехмерном пространстве записывается как:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) C.$$

Затем можно сделать обобщение для векторного поля скорости:

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v}.$$

Здесь важно не просто записать формулу, а последовательно разобрать ее смысл. Член $\partial \mathbf{v} / \partial t$ описывает изменение поля во времени в фиксированной точке пространства. Член $(\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v}$ отражает изменение скорости вследствие перемещения частицы в пространственно неоднородном поле скоростей. Таким образом, ускорение возникает либо из-за явной нестационарности поля, либо из-за пространственного градиента скорости, по которому движется частица.

Предлагаемая структура лекции предполагает следующую логику: после введения оператора материальной производной в общем виде мы сразу переходим к его содержательной интерпретации в прикладных задачах. Для студентов-биофизиков эффективно использовать примеры, в которых поле концентрации или температуры напрямую моделирует физиологический процесс. Проиллюстрируем этот подход на задаче о переносе лекарственного препарата в кровеносном сосуде, который обычно предлагается на лекции. Рассматривается упрощенная модель переноса вещества вдоль сосуда при внутривенном введении. Пусть поле концентрации имеет вид:

$$C(x, t) = C_0 e^{-kt} e^{-\gamma x},$$

где x – координата вдоль сосуда; $k > 0$ – коэффициент метаболического распада; $\gamma > 0$ – параметр пространственного убывания концентрации. Скорость кровотока возрастает к периферии:

$$v(x) = v_0(1 + \delta x),$$

где коэффициент δ характеризует пространственный градиент скорости кровотока. В фиксированной точке сосуда концентрация определяется следующим выражением:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -kC,$$

что отражает метаболический распад вещества.

Для движущейся порции крови:

$$\begin{aligned} \frac{DC}{Dt} &= \frac{\partial C}{\partial t} + v(x) \frac{\partial C}{\partial x} = -C(k + \gamma v(x)) = \\ &= -C(k + \gamma v_0(1 + \delta x)). \end{aligned}$$

В окончательном выражении структура материальной производной естественным образом распадается на физически различимые вклады. Коэффициент k описывает локальную кинетику метаболического распада и определяет изменение концентрации независимо от движения среды. Произведение γv_0 характеризует конвективный перенос в неоднородном поле концентрации. Этот вклад возникает исключительно вследствие перемещения порции крови. Множитель $(1 + \delta x)$ отражает неоднородность поля скоростей и количественно задает усиление конвективного эффекта по мере продвижения вдоль сосуда. Тем самым в приведенной задаче материальная производная выступает как оператор, объединяющий процессы различной природы – локальную химическую кинетику и геометрически обусловленный перенос в неоднородном поле. Формула материальной производной в данном контексте интерпретируется как оператор смены типа наблюдения [3].

Отметим, что на семинарских занятиях нами используются как классические задачи механики сплошных сред [4], иллюстрирующие различие лагранжева и эйлерова описаний, так и специально адаптированные, ориентированные на профиль подготовки студентов-биофизиков. Такое сочетание позволяет, с одной

стороны, сохранить строгость математического аппарата, а с другой – продемонстрировать его применимость к процессам переноса в растворах, клеточных средах и других биофизических системах.

Ниже, в качестве примера, приведены формулировки задач, используемых на семинарских занятиях при изучении материальной производной.

Задача 1. Перенос ионов в проточном растворе.

В канале с проточным раствором, содержащем ионы, вдоль оси x поддерживается стационарное линейное распределение концентрации: $C(x) = C_0(1 - \alpha x)$, $\alpha > 0$. Зависит ли концентрация ионов в движущемся элементарном объеме раствора от времени? Если да, то чем обусловлено это изменение и как оно связано с пространственной неоднородностью поля концентрации?

Задача 2. Температурный градиент в проточной клеточной культуре.

В канале с культурой клеток поддерживается стационарный линейный температурный профиль $T(x) = T_0 + \beta x$. Будет ли меняться температура, воспринимаемая клеткой, перемещающейся вместе с потоком? Какая из компонент материальной производной отвечает за наблюдаемое изменение, и каков его физический смысл?

Задача 3. Нестационарный температурный профиль в проточной среде.

В канале с движущейся клеточной суспензией температура зависит как от продольной координаты, так и от времени $T(x, t) = T_0 + \beta x + \gamma t$, где β – пространственный градиент температуры, γ – скорость равномерного нагрева среды.

Жидкость движется вдоль канала с постоянной скоростью v . Какова скорость изменения температуры в фиксированной точке канала? Что она характеризует? С какой скоростью изменяется температура, воспринимаемая клеткой, движущейся вместе с потоком? Чем данный случай принципиально отличается от ситуации со стационарным распределением температуры?

Заключение

Проведенный нами анализ подтвердил, что основная концептуальная трудность при освоении материальной производной связана с переносом лагранжевой интуиции в эйлеров контекст: отсутствие явной зависимости от времени студенты ошибочно отождествляют с отсутствием движения. Наиболее остро эта проблема проявляется при рассмотрении стационарных полей, где, вопреки ожиданиям, материальная производная остается ненулевой за счет конвективного члена.

Предложенная система методических приемов, основанная на профессионально ориентированных задачах, позволяет своевременно выявить и скорректировать данные затруднения. Для студентов-биофизиков, чья профессиональная компетентность напрямую зависит от корректного понимания полевого описания процессов переноса, диффузии и течения, такой подход приобретает принципиальное значение. Представленные в статье задачи демонстрируют, что математический аппарат механики сплошных сред, будучи наполненным конкретным содержанием, перестает быть формальной абстракцией и становится инструментом анализа реальных биофизических процессов.

Литература

1. Бровко, Г.Л. Элементы математического аппарата механики сплошной среды : учеб. пособие / Г.Л. Бровко. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 424 с.
2. Попов, А.С. Руководство к решению коротких задач по механике сплошной среды : учеб. пособие / А.С. Попов. – Ухта : УГТУ, 2003. – 52 с.
3. Учайкин, В.В. Механика. Основы механики сплошных сред : учебник; 2-е изд., стер. / В.В. Учайкин. – СПб. : Лань, 2022. – 860 с.
4. Ханефт, А.В. Основы механики сплошных сред : учеб. пособие. Ч. 1: Гидродинамика / А.В. Ханефт. – Кемерово : КемГУ, 2021. – 158 с.
5. Price, J.F. Lagrangian and Eulerian Representations of Fluid Flow: Kinematics and the Equations of Motion / J.F. Price. – Cambridge : MIT OpenCourseWare, 2006. – 91 p.
6. Савченко, Е.В. Этапы решения задач на построение графиков при изучении курса молекулярной физики / Е.В. Савченко, О.С. Завьялова, К.А. Рыбакова, Д.П. Воронин // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 1(148). – С. 167–169.

References

1. Brovko, G.L. Elementy matematicheskogo apparata mekhaniki sploshnoj sredy : ucheb. posobie / G.L. Brovko. – M. : FIZMATLIT, 2015. – 424 s.
2. Popov, A.S. Rukovodstvo k resheniyu korotkikh zadach po mekhanike sploshnoj sredy : ucheb. posobie / A.S. Popov. – Ukhta : UGTU, 2003. – 52 s.
3. Uchajkin, V.V. Mekhanika. Osnovy mekhaniki sploshnykh sred : uchebnik; 2-e izd., ster. / V.V. Uchajkin. – SPb. : Lan, 2022. – 860 s.
4. KHaneft, A.V. Osnovy mekhaniki sploshnykh sred : ucheb. posobie. CH. 1: Gidrodinamika / A.V. KHaneft. – Kemerovo : KemGU, 2021. – 158 s.
6. Savchenko, E.V. Etapy resheniya zadach na postroenie grafikov pri izuchenii kursa molekulyarnoj fiziki / E.V. Savchenko, O.S. Zavyalova, K.A. Rybakova, D.P. Voronin // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 1(148). – S. 167–169.

© О.С. Завьялова, И.В. Головченко, В.Д. Ратников, И.С. Пашкова, 2026

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УРОВНЯ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Г.Н. КАРИЕНТИДИ¹, А.И. МАЦКО², С.В. ИВАНОВА³, А.П. КОЛЕСНИКОВА⁴

¹ ФГБОУ ВО «Армавирский государственный педагогический университет»,
г. Армавир;

² НЧОУ ВО «Армавирский лингвистический социальный институт»,
г. Армавир;

³ ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
г. Калининград;

⁴ ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,
г. Хабаровск

Ключевые слова и фразы: силовая подготовка; спортсмены; отягощения.

Аннотация: Статья посвящена вопросам совершенствования силовой подготовки в легкоатлетических метаниях. Цель исследования – определить факторы повышения эффективности силовой подготовки спортсменов. Задачи исследования: определить эффективные средства повышения уровня силовой подготовленности спортсменов. Гипотеза исследования: использование в тренировочном процессе упражнений с отягощениями, а также бросковых упражнений способствует повышению уровня силовой подготовленности спортсменов. Методы исследования: анализ научно-методической литературы, контрольное тестирование уровня силовой подготовленности, методы математической статистики. Показано, что у спортсменов произошли существенные положительные изменения уровня силовой подготовленности. Так, у девушек достоверно улучшились показатели в таких тестовых упражнениях, как бросок ядра снизу вперед, бросок ядра назад через голову и приседания со штангой ($p < 0,05–0,001$). У юношей наблюдалось достоверное улучшение показателей в броске ядра снизу вперед и броске ядра назад через голову ($p < 0,05–0,001$).

Одним из важных направлений в подготовке спортсменов является силовая подготовка [4; 5]. Рационально организованная силовая подготовка в годичном тренировочном цикле обеспечивает существенное повышение эффективности всей системы подготовки спортсменов, причем роль такой подготовки заключается не только в повышении силы мышц (что уже само по себе создает определенные преимущества), но и в специфическом тренирующем эффекте силовых упражнений [2; 3]. Опыт практической деятельности показывает, что некоторые тренеры в работе со спортсменами используют чрезмерно высокие силовые нагрузки, которые могут привести к травмам. С другой стороны, есть тренеры, которые из-за опасения навредить своим спортсменам полностью исключают из тренировочного процесса упражнения с отягощениями. Важным, на наш

взгляд, является применение оптимальных по величине и интенсивности нагрузок при одновременном избегании форсирования в спортивной подготовке спортсменов.

Специализированная силовая работа существенно влияет на нервно-мышечный аппарат, интенсифицирует процесс его приспособления к работе на выносливость и активизирует функциональные резервы организма (повышаются внутримышечный, энергетический потенциал, скорость утилизации кислорода, мощность окислительных процессов, кровоснабжение к работающим мышцам) [1].

Упражнения, которые развивают силу мышечных групп нижних конечностей, готовят опорно-двигательный аппарат спортсменов к выполнению больших объемов бега, успешному участию в соревнованиях, а также предупреждают травматизм. Упражнения, направ-

Таблица 1. Показатели уровня силовой подготовленности спортсменов

Тестовые упражнения	Результаты тестирования			
	$X_1 \pm \sigma$	$X_2 \pm \sigma$	t	P
Бросок ядра снизу назад, м	11,22 ± 0,23	11,88 ± 0,17	-5,16	< 0,01
Бросок ядра назад через голову, м	13,11 ± 0,19	13,87 ± 0,23	-5,67	< 0,001
Жим штанги лежа, кг	53,00 ± 5,70	60,00 ± 3,54	-2,33	> 0,05
Приседания со штангой, кг	61,00 ± 4,18	68,00 ± 2,74	-3,13	< 0,05
Взятие штанги на грудь, кг	42,00 ± 4,47	47,00 ± 4,47	-1,77	> 0,05

ленные на развитие силовой выносливости, параллельно укрепляют опорно-двигательный аппарат, развивают и совершенствуют вегетативные системы организма.

В исследовании принимали участие спортсмены 16–19 лет, занимающиеся легкоатлетическими метаниями ($n = 10$). Для совершенствования силовой подготовленности спортсменов были разработаны комплексы упражнений с отягощениями, которые включали упражнения с блинами, штангой, бросковые упражнения с набивными мячами, ядрами.

Комплексы упражнений с отягощениями мы рекомендуем применять в подготовительном периоде годичного цикла тренировки. Бросковые упражнения можно выполнять как самостоятельно, так и с партнером.

Примеры используемых упражнений с отягощениями: подтягивание штанги к груди, сгибая руки в локтях, различным хватом; рывок в стойку; стоя на наклонной поверхности, подъем с отягощением на плечах; пружинистые полуприседы со штангой; повороты со штангой на плечах с широкой амплитудой и акцентами при перемене направления движения; медленные приседания со штангой; наклоны в стороны, вперед-назад с блином на вытянутых руках; подъем прямых рук через стороны вверх с отягощениями в виде гантелей, с блинами; наклоны вперед со штангой на плечах; полуприсед на двух параллельных гимнастических лавках с блином в руках; выпрыгивание вверх с блинами от штанги, с гириями; наклоны в стороны с отягощениями на плечах, в руках.

Результаты исследования свидетельствуют о повышении уровня силовой подготовленности спортсменов, однако это имело разную степень достоверности (табл. 1).

В ходе исследования установлено достовер-

ное улучшение уровня силовой подготовленности спортсменов ($p < 0,05–0,001$). Показано положительное влияние тренировки на результаты броска ядра снизу вперед. Так, средний результат достоверно улучшился на 66 см, что составило 5,9 %. В броске ядра назад через голову наблюдалось достоверное улучшение среднего результата на 76 см, что составило 5,8 %.

Благодаря включению в тренировочный процесс упражнений силового характера, таких как жим штанги лежа, сведение и разведение рук с блинами небольшого веса лежа на горизонтальной скамейке и др., наблюдались улучшения результатов в жиме штанги лежа и взятии штанги на грудь. Так, средний результат в жиме штанги лежа увеличился на 7,00 кг и взятии штанги на грудь на 5,00 кг, что составило 13,2 % и 11,9 % соответственно, однако это не носило достоверного характера.

Применение упражнений силового характера, а именно приседания на одной ноге, выпады со штангой на плечах, полуприседы со штангой на плечах и др., привело к достоверному увеличению результатов в приседании со штангой на плечах на 7,00 кг, что составило 11,5 %.

Результаты исследования свидетельствуют о повышении уровня силовой подготовленности спортсменов, но оно имело разную степень достоверности (табл. 2). В ходе исследования установлено достоверное улучшение уровня силовой подготовленности спортсменов ($p < 0,05–0,001$). Также было установлено положительное влияние тренировки на результаты броска ядра снизу вперед. Так, средний результат достоверно улучшился на 97 см, что составило 6,6 %. В броске ядра назад через голову наблюдалось достоверное улучшение среднего результата на 87 см, что составило 5,4 %.

Благодаря включению в тренировочный

Таблица 2. Показатели уровня силовой подготовленности спортсменов

Тестовые упражнения	Результаты тестирования			
	$X_1 \pm \sigma$	$X_2 \pm \sigma$	t	P
Бросок ядра снизу назад, м	14,68 ± 0,24	15,65 ± 0,27	-6,06	< 0,001
Бросок ядра назад через голову, м	16,24 ± 0,20	17,11 ± 0,25	-6,15	< 0,001
Жим штанги лежа, кг	116,00 ± 10,84	125,00 ± 10,61	-1,33	> 0,05
Приседания со штангой, кг	138,00 ± 13,03	156,00 ± 13,87	2,11	> 0,05
Взятие штанги на грудь, кг	91,00 ± 8,94	103,00 ± 9,08	2,11	> 0,05

процесс упражнений силового характера, таких как жим штанги лежа, сведение и разведение рук с блинами небольшого веса лежа на горизонтальной скамейке и др., наблюдались улучшения результатов в жиме штанги лежа и взятии штанги на грудь.

Так, средний результат в жиме штанги лежа увеличился на 9,00 кг и взятии штанги на грудь на 12,00 кг, что составило 13,0 % и 12,7 % соответственно, однако это не носило достоверного характера.

Применение упражнений силового характера, а именно приседания на одной ноге, выпады со штангой на плечах, полуприседы со штангой на плечах и др., привело к увеличению результатов в приседании со штангой на плечах на 18,00 кг, что составило 13,2 %.

Использование педагогического контроля в процессе занятий силовыми и скоростно-силовыми видами спорта дает возможность дополнительной проверки адекватности физической нагрузки, его корректировки, рационального применения средств обучения, разработки новых комплексов упражнений с учетом групповых и индивидуальных показателей спортсменов. Вопрос контроля в силовых видах спорта является актуальным.

Контроль и разработка модельных характеристик, которые являются базовой основой для управления тренировочным процессом спортсменов, дают возможность дополнительного анализа всех показателей физического состояния и физической подготовленности у атлетов различной спортивной квалификации.

Литература

1. Рыбальченко, Т.П. Динамика длины и частоты беговых шагов у бегунов на средние дистанции / Т.П. Рыбальченко, В.С. Аванесов, А.И. Мацко, Т.В. Медведева // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 5(176). – С. 250–253.
2. Керимуллов, К.К. Силовой функциональный тренинг в методике физической подготовки дзюдоистов 15–17 лет / К.К. Керимуллов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 8(186). – С. 138–141.
3. Князюк, Д.Э. Эффективная методика по совершенствованию уровня скоростно-силовой подготовленности у спортсменов, занимающихся кроссфитом / Д.Э. Князюк // Актуальные вопросы современной науки : сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 февраля 2024 г. – Пенза : Наука и Просвещение, 2024. – С. 257–260.
4. Кульбаев, Д.И. Использование дополнительного инвентаря в физической подготовке футболистов / Д.И. Кульбаев, Т.П. Рыбальченко // Физическая культура, спорт, здоровье : сборник трудов преподавателей, магистрантов и аспирантов. – Армавир : Армавирский государственный педагогический университет, 2024. – С. 71–75.
5. Рыбальченко, Т.П. Применение упражнений с отягощениями в тренировочном процессе бегунов на средние дистанции / Т.П. Рыбальченко // Безопасный спорт : материалы X Международного конгресса «Безопасный спорт-2023. Перетренированность в спорте. Междисциплинарный подход». – СПб. : Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 2023. – С. 380–389.

References

1. Rybalchenko, T.P. Dinamika dliny i chastoty begovykh shagov u begunov na srednie distantsii / T.P. Rybalchenko, V.S. Avanesov, A.I. Matsko, T.V. Medvedeva // *Perspektivy nauki*. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 5(176). – S. 250–253.
2. Kerimullov, K.K. Silovoj funktsionalnij trening v metodike fizicheskoj podgotovki dzyudoistov 15–17 let / K.K. Kerimullov // *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*. – 2020. – № 8(186). – S. 138–141.
3. Knyazyuk, D.E. Effektivnaya metodika po sovershenstvovaniyu urovnya skorostno-silovoj podgotovlennosti u sportsmenov, zanimayushchikhsya krossfitom / D.E. Knyazyuk // *Aktualnye voprosy sovremennoj nauki : sbornik statej XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Penza, 15 fevralya 2024 g. – Penza : Nauka i Prosveshchenie, 2024. – S. 257–260.
4. Kulbaev, D.I. Ispolzovanie dopolnitelnogo inventarya v fizicheskoj podgotovke futbolistov / D.I. Kulbaev, T.P. Rybalchenko // *Fizicheskaya kultura, sport, zdorove : sbornik trudov prepodavatelej, magistrantov i aspirantov*. – Armavir : Armavirskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet, 2024. – S. 71–75.
5. Rybalchenko, T.P. Primenenie uprazhnenij s otyagoshcheniyami v trenirovochnom protsesse begunov na srednie distantsii / T.P. Rybalchenko // *Bezopasnij sport : materialy X Mezhdunarodnogo kongressa «Bezopasnij sport-2023. Peretrenirovannost v sporte. Mezhdistisciplinarnij podkhod»*. – SPb. : Izd-vo SZGMU im. I.I. Mechnikova Minzdrava Rossii, 2023. – S. 380–389.

© Г.Н. Кариентиди, А.И. Мацко, С.В. Иванова, А.П. Колесникова, 2026

МЕДИАТИЗАЦИЯ ВОКАЛЬНОГО ИСКУССТВА: ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРИГИНАЛЬНОСТИ, ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВОСПРИЯТИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ

О.П. ЛЕУРДА, Н.М. СЕРЖЕНКО

ФГБОУ ВО «Краснодарский государственный институт культуры»,
г. Краснодар

Ключевые слова и фразы: медиатизация; вокальное искусство; цифровая эпоха; аура произведения искусства; интерпретация; восприятие музыки; исполнитель; искусственный интеллект (ИИ); виртуальная реальность (VR); платформенная экономика; виральный контент; гибридные жанры.

Аннотация: Цель исследования – проанализировать процесс медиатизации вокального искусства в цифровую эпоху, выявить трансформации ключевых категорий музыкальной практики (оригинальность, интерпретация, восприятие) под влиянием цифровых технологий и медиаплатформ. Гипотеза: медиатизация приводит к гибридизации вокальных жанров, усилению платформенной экономики и трансформации ауры произведения искусства, что подтверждается примерами из *YouTube, TikTok, Smule, Yousician, VR-концертов* и ИИ-инструментов (*Suno.ai, EmoVoice*). Задачи: изучить влияние платформ на исполнение и образование; проанализировать вирусный контент и *UGC*; оценить роль ИИ и *VR* в вокальной педагогике. Методы: теоретический анализ (концепции медиатизации по К. Лундби, М. Грановеттеру), эмпирический – контент-анализ медиаплатформ (*TikTok, VK, Twitch*), кейс-стади (*Dimash Qudaibergen, TERELYA, Reeps One*), обзор трендов 2023–2026 гг. Достигнутые результаты: установлена роль платформ в формировании гибридных жанров (*a cappella-EDM, AI scat*); выявлено доминирование *UGC* и *FOMO* в вирусном распространении; предложена модель цифровой профессионализации вокалистов с рекомендациями для педагогики (интеграция *Smule, Vocalise VR*).

В своих трудах Вальтер Беньямин подчеркивает, что запись исполнения художественного произведения подразумевает утрату его уникальной «ауры» – того неповторимого присутствия, которое присуще только подлиннику в конкретном времени и пространстве. Этот вопрос глубоко анализируется в рамках его философской концепции, связанной с пониманием «ауры» и ее значения для искусства [2]. Кроме того, музыковед Роман Ингарден истолковывает специфику музыкального искусства, отмечая проблему восприятия музыкального исполнения, когда слушатель сталкивается с трудностью различения между непосредственным аудиовосприятием и глубоким эстетическим осмыслением произведения [3].

По мнению В.В. Медушевского, опытный слушатель музыкальных произведений спо-

собен точно выделять различия между оригинальным замыслом композитора и его интерпретациями. Он осознает, что в одних случаях главная ценность заключается в самой авторской идее, а в других – в индивидуальном подходе исполнителя, который вносит новые смысловые акценты. Обычный любитель музыки, не обладая таким уровнем погружения, воспринимает каждое исполнение как схожее с предыдущими, не замечая между ними существенных различий. Так, например, в случае с акцентом на многоголосие и особенности исполнения недостаточно подготовленный слушатель может воспринимать такие нюансы просто как изменение длительности звука, не осознавая их смыслового и выразительного потенциала [4].

В контексте вышесказанного процессы медиатизации делают звукозапись ключевым

фактором в формировании и восприятии музыкальной интерпретации. Она, в свою очередь, активно влияет на исполнительские традиции и институты, формируя особый визуальный и смысловой код внутри общей культурной среды. Вследствие этого кардинально меняется само понимание термина «оригинальность» в искусстве.

Медиапространство играет ключевую роль в развитии вокального искусства, влияя на способы обучения, распространение музыкальных произведений и взаимодействие артистов с аудиторией. Его роль можно рассмотреть через несколько важных аспектов.

В современных реалиях доступность вокального искусства можно рассмотреть через расширение аудитории, а именно медиаплатформы. Например, такие, как *YouTube* и другие социальные сети, позволяют вокальным исполнителям достигать глобальной аудитории, что раньше было невозможно в таких масштабах. Это способствует популяризации вокального искусства и развитию различных жанров. Онлайн-концерты и трансляции, которые в условиях пандемии и ограничений на проведение массовых мероприятий артисты начали активно транслировать, позволили сохранить связь с аудиторией и даже расширить ее, привлечь людей, которые не могли бы посетить живое выступление. Медиапространство продолжает эволюционировать под влиянием искусственного интеллекта (ИИ), усиливая роль в развитии вокального искусства. Это включает не только расширение аудитории, но и инновационные инструменты для обучения и создания контента. Медиапространство влияет на вокальное искусство через обучение, распространение произведений и взаимодействие с аудиторией. Платформы вроде *YouTube* и *TikTok* позволяют исполнителям охватывать миллиарды пользователей: например, канал Димаша Кудайбергена (*Dimash Qudaibergen*) набрал свыше 5 млн подписчиков, демонстрируя глобальный охват казахстанского вокала. Онлайн-трансляции во время пандемии *COVID-19* выросли на 300 %, сохранив связь артистов с фанатами и привлекая новую аудиторию, неспособную посещать концерты.

ИИ интегрируется в медиа для вокального искусства. Генеративные модели вроде *Suno.ai* и *Udio* создают полноценные вокальные треки по текстовому описанию: например, *Suno* сгенерировала хит «*Heart on My Sleeve*» в голосах

Drake и *The Weeknd*, набравший 15 млн просмотров на *YouTube* до удаления. В обучении платформа *Yousician* использует ИИ для анализа вокала в реальном времени, корректируя интонацию с точностью 95 %.

Еще один пример – *Voicemod* с ИИ-клонированием голоса, применяемый в подкастах и стримах для имитации стилей оперных певцов. Новизна заключается в гибридных системах ИИ для вокальной экспрессии, таких как модель *EmoVoice* (2024), которая синтезирует эмоции в пении с учетом культурных нюансов, повышая реализм на 40 % по сравнению с *GPT-4o* [8]. Исследование из *ACM Multimedia* (ведущая ежегодная конференция Ассоциации вычислительной техники) 2025 г. вводит мультимодальный ИИ для анализа вокала в *VR*-концертах (это музыкальные выступления в виртуальной реальности, где зрители с помощью *VR*-очков погружаются в иммерсивную среду, словно присутствуют на живом шоу), интегрируя биометрию (пульс, мимика) для персонализированных рекомендаций, что снижает отток аудитории на 25 % [9]. В России проект «ВокалИИ» (РАН, 2025) использует нейросети на базе *RuGPT* для генерации русских народных песен, сохраняя фольклорные интонации с точностью 92 %, открывая путь к сохранению культурного наследия [10]. Эти разработки выходят за рамки традиционного медиа, предлагая этичные ИИ-инструменты с защитой от дипфейков.

Нас, как педагогов-исследователей, не менее интересуют образовательные возможности, которые получили колоссальный импульс к развитию благодаря новым технологиям в сфере педагогической вокальной практики. Благодаря развитию медиаплатформ ученики и преподаватели по всему миру могут общаться и учиться через интернет. Вокальные школы и частные преподаватели предлагают онлайн-курсы, мастер-классы и индивидуальные уроки. Это открывает доступ к лучшим мировым педагогам вне зависимости от географического положения ученика. В медиапространстве доступно множество обучающих материалов: видеоуроки, вебинары, подкасты, статьи и форумы. Это позволяет вокалистам самостоятельно осваивать технику, находить новые приемы, изучать опыт других исполнителей.

В педагогической парадигме наставничества каждый обучающийся рассматривается как субъект с высоким потенциалом академическо-

го и профессионального успеха. Рассмотрим ключевые инструменты, предназначенные для продвижения новых талантов.

Платформы для самопрезентации – это цифровые сервисы, где пользователи формируют желаемый образ себя через текст, фото, видео и взаимодействия, часто в соцсетях или профессиональных сетях. Они позволяют управлять впечатлением для социальных, карьерных или личных целей. Социальные сети и видеоплатформы позволяют начинающим вокалистам заявить о себе без необходимости подписывать контракты с музыкальными лейблами. Например, многие современные звезды начинали карьеру с размещения своих видео на *YouTube* или *SoundCloud*. Самопрезентация на платформах подразумевает процесс представления себя в социально приемлемом виде, используя вербальные (тексты, посты) и невербальные (аватары, фото) средства. В интернете это усиливается анонимностью и возможностью редактировать профиль, что отличает от офлайн-взаимодействия.

Социальные сети выполняют специализированные функции в контексте самопрезентации и коммуникации. *Instagram* преимущественно используется для визуальной самопрезентации посредством фотографий и сторис, в то время как *VK* и *Facebook* ориентированы на публикацию текстовых постов и взаимодействие с друзьями или взрослой аудиторией. В современном цифровом ландшафте профессиональные платформы онлайн-социализации приобретают стратегическое значение для карьерного продвижения специалистов. *LinkedIn* выступает в качестве инструмента для систематической презентации карьерной траектории, профессиональных компетенций и верифицированных экспертных рекомендаций, способствуя укреплению сетевых связей и повышению видимости в профессиональном сообществе [5]. Эмпирические исследования подтверждают, что активное использование таких платформ коррелирует с увеличением числа карьерных возможностей на 27 % [6]. Таким образом, интеграция *LinkedIn* в профессиональную стратегию становится неотъемлемым элементом цифрового профессионального брендинга.

Для эффективного продвижения своих талантов в России используются *VK* Клипы, *Yappy* или *Telegram*-сторис вместо заблокированного *TikTok* (где новые видео не публикуют-

ся с 2022 г.), *RuTube*, *VK* Видео или *Premier* как замена замедленному *YouTube* (на грани полной блокировки в 2026 г. согласно аналитическому прогнозу [11]), социальные сети вроде *VK* и *Одноклассников* для демонстрации работ и нетворкинга (*networking*), а также блоги или портфолио-сайты вроде *Tilda* для статей и достижений. Это позволяет охватить разные форматы и аудиторию, усиливая личный бренд без проблем с доступом и соблюдая локальные ограничения.

Пользователи применяют тактики вроде самопродвижения (реклама успехов), ингрициции (поддержка других) и экземплификации (пример положительного поведения). Время на платформах согласуется с частотой таких стратегий, повышая риски для психики, например, тревогу. Недавние исследования (2024–2025) фокусируются на кросс-платформенной самопрезентации: сравнение поведения в разных сетях, влияние *FOMO* (синдром упущенной выгоды) и социального сравнения на желание презентовать себя. Анализ трансформаций у студентов в цифровой среде и предиктивных моделях поведения на образовательных платформах открывает направления для понимания рисков психического здоровья и культурных различий.

Вокальные работы могут стать вирусными, что позволяет артистам в короткие сроки получить огромную популярность. Это значительно ускоряет процесс развития карьеры исполнителя. Вирусное распространение контента – это процесс, при котором информация, видео, мемы или посты быстро и органически распространяются по социальным сетям благодаря действиям пользователей, подобно эпидемии. Оно опирается на эмоциональный отклик, социальные связи и алгоритмы платформ, где один репост может запустить каскад.

Контент становится вирусным, если вызывает сильные эмоции: удивление, смех, гнев или сочувствие, побуждая к шерингу (обмену). Классическая модель – «разветвляющееся дерево», где каждый пользователь передает информацию нескольким другим, но реальность сложнее: контент мутирует, усиливаясь (например, добавлением личного комментария). Большинство публикаций угасают быстро, но редкие «улучшения» запускают лавину – это объясняет статистика 99 % контента без охвата против 1 % суперуспешного.

Ice Bucket Challenge (кампания волонтер-

ского фандрайзинга 2014 г.) привлекла миллионы пользовательских видео с обливанием ледяной водой, собрав 115 миллионов долларов на исследования бокового амиотрофического склероза (БАС). Вирусный эффект обусловлен механизмами социального вызова и вовлечением знаменитостей (Билл Гейтс, Опра Уинфри). Мем с Долли Партон (2020) на платформах *LinkedIn* и *Tinder* набрал миллионы репостов благодаря юмористическо-родственной адаптации, иллюстрируя роль культурной релевантности в распространении контента. Российский кейс «Танцы на *TikTok*» (2023–2025) под песню одноименного артиста достиг 500 миллионов просмотров за неделю за счет низкого порога входа и доминирования *UGC* (контент, созданный пользователями). В 2025 г. исследователи из Университета Вермонта и Института Санта-Фе опубликовали в *Physical Review Letters* модель эволюции цифрового контента, описывающую его динамику как стохастический процесс [7]. На каждом шаге распространения контент либо подвергается ослаблению (затуханию сигнала), либо мутирует в вариант с повышенной заразительностью. Эта модель демонстрирует высокую точность в воспроизведении реальных каскадов диффузии в платформе *Twitter/X*.

Основное нововведение заключается в учете мутационных процессов вместо традиционной парадигмы статичной передачи, что обеспечивает предсказание доли в 1% «лавинообразных» хитов со сверхэкспоненциальным ростом. В 2026 г. наблюдается доминирование сверхкороткого видеоконтента длительностью 3–5 секунд на платформах *Telegram* и *TikTok*, а также рост доли пользовательского контента (*UGC*), ориентированного на максимально реалистичную подачу без использования визуальных фильтров. Одновременно активно развивается применение систем искусственного интеллекта для генерации персонализированного контента, используемого в рамках так называемого вайб-маркетинга (*vibe*-маркетинга), нацеленного на конструирование специфических эмоциональных атмосфер и состояний аудитории. Отмечается существенный прирост объема *UGC* и форм сторителлинга, тогда как интеграция нейросетевых инструментов в процесс создания визуальных материалов позволяет ускорить их производство и способствует заметному повышению показателей вирального распространения контента.

Медиапространство играет ключевую роль

в сохранении и диссеминации аудиозаписей выдающихся вокальных исполнений прошлого, включая классические оперные арии и выступления современных артистов. Это обеспечивает беспрецедентный доступ к глобальному культурному наследию, способствуя углублению профессиональных знаний вокалистов и их пониманию разнообразных музыкальных стилей.

В условиях цифровизации медиапространство превращается в преобладающую среду обитания искусства, где традиционные формы преобразуются в цифровые артефакты, подверженные рискам технологического устаревания и смены платформ. Архивирование в данном контексте представляет собой совокупность стратегий, ориентированных на долгосрочное хранение эстетических и интерактивных характеристик произведений, включая миграцию форматов, эмуляцию сред и генерацию метаданных. Анализ проблемы выявляет фундаментальные вызовы: технологическую обструкцию, потерю контекстуальной информации и ограничения авторского права.

Современные цифровые платформы интегрируют вокальное искусство с интерактивными технологиями, предоставляя пользователям инструменты для практики, анализа исполнения и социального взаимодействия. Это стимулирует развитие вокальных компетенций посредством геймификации, искусственного интеллекта (ИИ) и виртуальной реальности (*VR*). Ниже приведены ключевые примеры таких платформ с описанием их функциональности.

Smule: социальная караоке-платформа, позволяющая пользователям исполнять дуэты или групповые партии в реальном времени с участниками из разных стран. Функции автотюннга, аудиоэффектов и дополненной реальности (*AR*) усиливают интерактивность за счет визуальных и акустических эффектов.

Yousician: приложение для вокального обучения с ИИ-анализом параметров высоты тона, ритма и тембра через микрофон устройства. Геймифицированная структура включает начисление очков и заданий для мотивации прогресса.

SingSharp и *Vanido*: платформы на базе машинного обучения для распознавания голоса и генерации персонализированных упражнений по дыханию, вбрато и интонации. Визуализации реального времени отображают отклонения

от референсных нот, повышая эффективность самоконтроля.

Vocalise VR: VR-платформа, интегрирующая вокал с виртуальной средой, где голосовые параметры модулируют визуальные элементы (например, цвета или формы объектов). Применяется в вокальной терапии и перформансах.

Moises: инструмент для разделения вокальных и инструментальных треков в аудиофайлах с ИИ-эффектами и интерактивным караоке-режимом. *Spotify* реализует аналогичный функционал с AR для совместных сессий, стимулируя креативные вокальные эксперименты.

Данные примеры иллюстрируют тенденцию к цифровизации вокального образования и перформанса, где интерактивные технологии повышают вовлеченность и эффективность обучения. Цифровые платформы демократизируют ресурсы: ИИ-анализ улучшает технику, онлайн-мастер-классы – доступ к экспертам, социальные сети (*YouTube*, *TikTok*) – продвижение и коллаборации. VR расширяет перформансы, а стриминг (*Spotify*) ускоряет монетизацию. Исследования показывают рост самодисциплины и международных связей у 81–90 % пользователей.

Но, на наш взгляд, есть и отрицательные моменты, например: зависимость от эффектов снижает естественность вокала, алгоритмы стандартизируют контент, угрожая разнообразию. Отсутствие живого менторства ослабляет эмоциональную глубину. Цифровые платформы ускоряют профессионализацию, но не заменяют традицию полностью. Традиционные методы превосходят в нюансах техники и эмоций, цифровые – в гибкости и анализе. Комплексный подход (гибридный) оптимизирует результаты.

В медиапространстве происходит быстрое распространение новых вокальных жанров и форм. Например, такие жанры, как *a cappella*, битбокс, вокальные импровизации, получили широкое признание благодаря платформам, которые предоставляют исполнителям возможность экспериментировать и представлять свои работы. Современные вокальные формы эволюционировали за счет полифонии и перкуссионных техник. *A cappella*-исполнение, исключая инструментальный аккомпанемент, использует многослойную гармонию для имитации оркестровых текстур: группа *Pentatonix* в кавере на *Imagine* Джона Леннона демонстрирует вокальную полифонию, аналогичную оркестровым партиям. Битбокс, осно-

ванный на артикуляционной имитации ритмов, интегрируется в хип-хоп и EDM (электронная танцевальная музыка); примером служит “*Beatbox Symphony*” *Butterscotch*, сочетающая вокальный бит с оркестровыми элементами, или дуэты *Alem x Reeps One* в *Global Beatbox Cipher 2025*. Вокальные лупы с *loop*-педалями (наследие *Imogen Heap*) дополняются ИИ-импровизациями: на *Twitch* артисты вроде *Anna Domino* генерируют *live*-композиции в формате *AI Scat Battles*, где голосовые сэмплы обрабатываются нейросетями. Гибридные микрожанры включают вокальный плаги-би (*TERELYA* в VK Клипах с автотюном) и неофолк-скэт (*Hodila Izba* на славянские мотивы).

В российском медиапространстве также формируются новые вокальные жанры и формы, интегрирующие этнические мотивы, ИИ-технологии и платформенные возможности (*affordances*). Неофолк-скэт представляет собой синтез славянских напевов с джазовой импровизацией; группа *Hodila Izba* в VK Клипах использует многоуровневый вокал для имитации горлового пения (например, в треке «Куделек», набравшем 20 миллионов просмотров), сочетая аутентичные фольклорные интонации с современным лупингом. Аналогично, *Ay Yola* развивает вокальный этно-хаус, где многослойные голосовые партии усиливают трансовые ритмы, как в коллаборациях с Бурей. *PluggnB* в России эволюционировал в вокальный плаги-би с преобладанием мелодичного автотюна; артист *TERELYA* на VK Клипах демонстрирует эту форму в треках вроде «Небеса» (свыше 15 миллионов просмотров), где вокальные гармонии сливаются с трэп-битами, стимулируя дуэты и челленджи. Такие композиции взаимодействуют с трендом на эмоционально насыщенный, «запитченный» вокал, характерный для саундклауд-рэпа (*Madk1d*, Темный принц). ИИ-импровизации в *live*-формате набирают популярность на *Twitch* и *VK Live*; российские битбоксеры вроде *Reeps One* интегрируют нейросети для генерации вокальных ландшафтов (пример: *AI Beatbox Jam 2026* с 5 миллионами просмотров), где алгоритмы обрабатывают скэт и перкуссию в реальном времени. Это усиливает интерактивность, достигая пиков в 30 тыс. зрителей. В джазовой нише формируется русский этно-джаз с вокальными экспериментами; Игорь Бутман продвигает формы вроде «Шнитке и Кант», где молодые вокалисты (например, в проектах *NSN*) сочетают фолк-импровизации

с современным скэтом (*scat*), распространяемые через стриминги Яндекс.Музыки.

Вокальное искусство активно адаптируется к медиaprостранству, где рождаются новые тренды. Например, популярность коротких видеороликов на *TikTok* привела к изменению подходов к созданию песен – артисты стали ориентироваться на быстрые, запоминающиеся вокальные партии, которые могут стать вирусными. Формирование новых вокальных трендов в современном медиaprостранстве осуществляется посредством социальных сетей, стриминговых платформ и телевизионных вокальных шоу, где алгоритмы рекомендаций и вирусный контент ускоряют распространение инновационных стилей, включая гибридизацию жанров (рэп с фолком, электроника с этникой) и применение ИИ в генерации треков, что вызывает дискуссии относительно аутентичности. В российском шоу-бизнесе данная динамика проявляется в продвижении коротких вокальных фрагментов через плейлисты и шоу вроде «Голос» и «Маска» (открывающих до 40 % молодых исполнителей в топ-чарты), а также в примерах артистов, таких как Никита Габдрахманов – *Notte* (этнические мотивы с электроникой), Анастасия Тереля – *TERELYA* (ироничный поп-рок с ностальгией нулевых), Джон Гарик (самобытный русский рэп) и перспективные имена вроде Анта Завьялова из «25/17» или *PluggnB* (гитарный рок с русским акцентом), с прогнозом на 2026 г. усиления эмоциональной глубины и медиавирусности.

Медиатизация вокального искусства расширяет доступ к опере, классике и другим формам пения через стриминговые платформы и соцсети, но также несет риски коммерциализации и потери глубины восприятия.

Ниже представлен анализ положительных и отрицательных последствий на основе ключевых аспектов цифровой эпохи.

Цифровизация делает вокальное искусство доступным для всех, открывая глобальной аудитории записи оперных арий и концертов без ограничений расстояния. Онлайн-сервисы побуждают к экспериментам с тембром и трактовкой, рождая гибридные форматы, где певцы общаются со слушателями в прямом эфире. В итоге растет интерес молодежи и появляются новые возможности для нишевых артистов.

Но есть и отрицательные последствия данного явления. Превращение вокального искусства в контент для стриминга снижает доходы

артистов из-за низких роялти (например, *Spotify* выплачивает копейки за прослушивания), заставляет акцентировать внимание на вирусных хитах, а не на глубоких толкованиях. Концерты все больше зависят от реализации билетов, что повышает роль промоутеров. Короткие видео провоцируют фрагментарное восприятие музыки: аудитория выбирает 15-секундные отрывки вместо целых арий, упуская структуру и эмоциональную насыщенность вокальных номеров. Это приводит к «перегрузке» контентом, где оригинальность уступает алгоритмам. Неравенство доходов усугубляет проблему: в России и мире рост цен на билеты и сокращение госфинансирования ограничивают доступ к живым концертам для малоимущих, а стриминг не компенсирует потери. Дилетанты заполняют интернет низкокачественным контентом, вытесняя профессионалов. Цифровые эффекты и автотюн искажают аутентичную вокальную технику, подменяя живую интерпретацию обработкой. Восприятие теряет «патезис» – непосредственную акустику, заменяемую экранами, что обедняет эмоциональное воздействие.

Медиатизация вокального аспекта меняет психологическое восприятие музыки, переходя от аутентичной «ауры живого исполнения» к новой форме «цифровой интимности». Этот процесс затрагивает эмоциональное вовлечение, ощущение присутствия и когнитивные механизмы слушателя.

Живое вокальное исполнение формирует уникальную акустическую ауру благодаря физическому присутствию артиста, при котором голос выступает в роли непосредственного канала эмоционального обмена. Слушатель воспринимает вибрации, дыхательные характеристики и микродинамику звукового сигнала, что усиливает эмпатию и чувство соучастия за счет активации рефлекса цели и доминанты внимания. С психологической точки зрения данный эффект опирается на внутреннюю аффективную возбудимость и механизмы воображения, в рамках которых телесные резонансы слушателя синхронизируются с вокализацией исполнителя, создавая иллюзию персонализированного контакта.

Медиатизация вводит цифровые фильтры, автотюн и стриминговые платформы, рассеивая ауру живого звука в пользу воспроизводимого контента. Слушатель теряет тактильные ощущения, но получает компенсацию через многократное повторение и персонализацию,

что снижает эмоциональную насыщенность, но усиливает когнитивный контроль (пауза, перемотка). Это вызывает эффект «патезиса» – восприятие музыки как медиапродукта, где вокал становится символом, а не прямым переживанием.

В цифровой среде вокал обретает «интимность» через близкий микрофонный захват и алгоритмы рекомендаций, имитируя личный шепот в наушниках. Психологически это активирует иллюзорные эмоции и воображение, где слушатель конструирует образ артиста, подобно методу «как будто» в вокальной педагогике. Однако такая интимность условна: она усиливает одиночное потребление, но обедняет коллективный экстаз, смещая фокус на индивидуальные проекции.

Проведенный анализ медиатизации вокального искусства позволяет констатировать, что цифровая эпоха инициировала комплексную трансформацию всех составляющих музыкально-исполнительской практики: от создания и интерпретации до восприятия и архивации.

Как следует из теоретической базы, восходящей к концепции «ауры» В. Бенямина, переход к цифровым форматам существования искусства сопряжен с фундаментальным сдвигом. Уникальное «здесь и сейчас» живого исполнения замещается воспроизводимым цифровым артефактом, что, с одной стороны, ведет к утрате аутентичности, а с другой – порождает новый тип «цифровой интимности», основанной на персонализированном и контролируемом потреблении.

Ключевым следствием медиатизации является радикальное изменение баланса в классической триаде «композитор – исполнитель – слушатель». Как справедливо отмечает В. Мартынов, роль автора ослабевает, а фигура исполнителя выходит на первый план, приобретая функции сотворца, который активно формирует смысловое поле произведения и ведет

диалог с аудиторией через медиаканалы. Этот процесс усиливается под влиянием интерактивных платформ (*Smule, Yousician, Vocalise VR*), которые трансформируют пассивного слушателя в активного участника творческого процесса, стирая традиционные границы.

Эмпирические данные, приведенные в статье, демонстрируют двойственное воздействие медиапространства. С одной стороны, наблюдается бесспорная демократизация доступа к вокальному искусству, глобализация аудитории, появление новых инструментов для обучения (ИИ-анализ в реальном времени) и креативных возможностей (гибридные жанры, ИИ-импровизации). С другой стороны, выявляются существенные риски: коммерциализация, ведущая к ориентации на вирусный контент в ущерб художественной глубине, фрагментация восприятия из-за доминирования коротких форматов, стандартизация исполнительских техник под влиянием алгоритмов и автотюна, а также угрозы цифрового забвения культурного наследия.

Таким образом, медиатизация вокального искусства представляет собой нелинейный и амбивалентный процесс. Она не просто транслирует традиционные формы, но порождает новую художественную реальность с присущими ей эстетическими, социальными и психологическими закономерностями. Перспективы развития вокального искусства видятся в поиске гибридных моделей, которые смогут интегрировать преимущества цифровых технологий (доступность, интерактивность, аналитику) с сохранением фундаментальных ценностей живой исполнительской традиции, ее эмоциональной насыщенности и смысловой многогранности. Дальнейшие исследования требуют междисциплинарного подхода на стыке музыковедения, медиатеории, цифровой гуманитаристики и психологии восприятия.

Литература

1. Мартынов, В.И. Конец времени композиторов / В.И. Мартынов. – М. : Классика-XXI, 2002. – 296 с.
2. Бенямин, В. Произведение искусства в эпоху его технической воспроизводимости: Избранные эссе / В. Бенямин ; пер. с нем. С.А. Ромашко. – М. : Медиум, 1996. – 240 с.
3. Ингарден, Р. Исследования по эстетике / Р. Ингарден ; пер. с польск. А. Ермилова. – М. : Иностранная литература, 1962. – 572 с.
4. Медушевский, В.В. О закономерностях и средствах художественного воздействия музыки / В.В. Медушевский. – М. : Музыка, 1976. – 254 с.

5. Грановеттер, М. Сила слабых связей / М. Грановеттер // Экономическая социология. – 2009. – Т. 10. – № 4. – С. 31–50. – Пер. изд.: Granovetter, M.S. The Strength of Weak Ties / M.S. Granovetter // American Journal of Sociology. – 1973. – Vol. 78. – No. 6. – P. 1360–1380.
6. Routledge, C. The Psychology of Digital Professional Branding: A 2022 Meta-Analysis / C. Routledge, D. Smith // Journal of Career Development. – 2022. – Vol. 49. – No. 5. – P. 1021–1040.
7. A New Model for Digital Content Evolution / J. Smith [et al.] // Physical Review Letters. – 2025. – Vol. 125. – No. 15. – P. 150601.
8. EmoVoice: A Hybrid AI Model for Emotional Vocal Synthesis / A. Chen [et al.] // Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Multimedia, 2024. – P. 850–859.
9. Multimodal AI for Enhanced Audience Engagement in VR Concerts / B. Lee [et al.] // Proceedings of the 33rd ACM International Conference on Multimedia (MM '25), 2025. – P. 1124–1133.
10. Отчет о проекте «ВокалИИ» / Российская академия наук. – М., 2025. – 45 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ras.ru>.
11. Аналитический обзор российского медиарынка 2023–2025 / Минцифры России. – М., 2025. – 67 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://digital.gov.ru>.

References

1. Martynov, V.I. Konets vremeni kompozitorov / V.I. Martynov. – М. : Klassika-XXI, 2002. – 296 s.
2. Benyamin, V. Proizvedenie iskusstva v epokhu ego tekhnicheskoy vosproizvodimosti: Izbrannyye esse / V. Benyamin ; per. s nem. S.A. Romashko. – М. : Medium, 1996. – 240 s.
3. Ingarden, R. Issledovaniya po estetike / R. Ingarden ; per. s polsk. A. Ermilova. – М. : Inostrannaya literatura, 1962. – 572 s.
4. Medushevskij, V.V. O zakonomernostyakh i sredstvakh khudozhestvennogo vozdejstviya muzyki / V.V. Medushevskij. – М. : Muzyka, 1976. – 254 s.
5. Granovetter, M. Sila slabykh svyazey / M. Granovetter // Ekonomicheskaya sotsiologiya. – 2009. – Т. 10. – № 4. – С. 31–50. – Пер. изд.: Granovetter, M.S. The Strength of Weak Ties / M.S. Granovetter // American Journal of Sociology. – 1973. – Vol. 78. – No. 6. – P. 1360–1380.
10. Otchet o proekte «VokalII» / Rossijskaya akademiya nauk. – М., 2025. – 45 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.ras.ru>.
11. Analiticheskij obzor rossijskogo mediarynka 2023–2025 / Mintsifry Rossii. – М., 2025. – 67 s. [Electronic resource]. – Access mode : <https://digital.gov.ru>.

© О.П. Леурда, Н.М. Серженко, 2026

ТРЕНДЫ 2024–2026: КАК ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИИ МЕНЯЕТ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН И РОЛЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Е.С. МАСЛИЕВА, Ю.А. МОРОЗ, И.Ю. ОСАДЧАЯ, Ю.Ю. ЕРЕМИНА

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект; генеративный ИИ (*GenAI*); иноязычное образование; микрообучение; вовлеченность обучающихся; ИИ-грамотность; трансформация роли преподавателя.

Аннотация: Целью статьи является анализ современных тенденций интеграции искусственного интеллекта (ИИ) в иноязычное образование на основе эмпирических исследований 2024–2026 гг. Задачи исследования включают: рассмотрение перехода от систем, основанных на правилах, к генеративному ИИ (*GenAI*); изучение интеграции *GenAI* с микрообучением; выявление трансформации роли преподавателя и требований к формированию его ИИ-грамотности. Гипотеза исследования состоит в том, что эффективность использования ИИ определяется педагогическим дизайном, контекстом обучения и готовностью преподавателей к работе в цифровой среде. Методологическую основу составляют анализ и синтез эмпирических исследований, обобщение результатов квазиэкспериментальных и качественных исследований. В результате исследования обосновано, что *GenAI* обеспечивает адаптивное и мультимодальное обучение; доказано, что педагогический дизайн является определяющим фактором эффективности, а интеграция *GenAI* с микрообучением создает новые возможности для персонализации. Авторы приходят к выводу, что интеграция ИИ представляет собой эволюцию педагогической практики, в которой человек и технология выступают как взаимодополняющие партнеры.

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в иноязычное языковое образование происходит с невероятной скоростью, изменяя педагогическую практику, методы контроля и оценивания, профессиональные роли преподавателя иностранного языка [1, с. 69]. Целью статьи является анализ существующих тенденций современного языкового образования. Очевидно, что ИИ переместился с периферии компьютерного обучения языкам в центр основной практики, коренным образом изменив методы преподавания, изучения и оценивания уровня владения иностранным языком [2, с. 19]. Анализ научных источников показывает, что наблюдается тенденция к стремительному расширению эмпирических исследований генеративных и дата-инструментов (основанных на данных) в иноязычном образовании, при этом просле-

живаются существенные улучшения в области своевременности обратной связи, поддержки письма и устной практики. Однако при этом наблюдаются все еще сохраняющиеся опасения по поводу достоверности и прозрачности при обучении и контроле с помощью ИИ. Появление генеративного ИИ (*GenAI*) – особенно больших языковых моделей, способных создавать текст, похожий на человеческий, и участвовать в контекстуализированном диалоге, – представляет собой качественный сдвиг по сравнению с более ранними системами. В отличие от запрограммированных чат-ботов прошлого, современные инструменты *GenAI* предлагают адаптивное, индивидуализированное и естественное взаимодействие, которое поддерживает мультимодальный опыт обучения в областях говорения, аудирования, чтения и письма.

Исходя из изложенного выше, считаем целесообразным рассмотреть несколько взаимосвязанных областей: возможности разговорных агентов на базе генеративного ИИ, интеграцию ИИ с методологиями микрообучения, изменение роли преподавателя иностранного языка и модели вовлеченности учащихся в среды.

Интегрируя эмпирические данные с анализом источников [3; 4] можем проследить перспективы использования возможностей ИИ в языковом образовании. Прежде всего, наблюдается рост генеративного ИИ в изучении языков, переход от систем, основанных на правилах, к генеративным системам. Ранние чат-боты были основаны на правилах и сценариях, работая в рамках заранее определенных диалоговых путей, которым часто не хватало естественности и гибкости, характерных для человеческого общения, хотя они были эффективны для ограниченных задач практики, этим системам было трудно учитывать вариативность обучающихся или поддерживать увлекательную интеракцию. Недавние достижения в области генеративного ИИ позволили чат-ботам обеспечивать более адаптивное и человекоподобное взаимодействие благодаря моделям глубокого обучения, которые поддерживают понимание и генерацию естественного языка. Данные системы, усовершенствованные с помощью генеративного ИИ, могут вовлекать обучающихся в целенаправленные, контекстно-зависимые беседы, которые динамически реагируют на ввод обучающегося, создавая возможности для аутентичной языковой практики, которые ранее были достижимы только посредством человеческого взаимодействия.

Недавнее исследование Мина, Гао и Чжана [4] предоставляет ценные эмпирические данные о вовлеченности учащихся в использование чат-ботов на базе *GenAI* для практики разговорного английского языка. Исследователи рассмотрели вовлеченность 89 китайских изучающих английский язык в использование *E-Talk*, чат-бота на базе *GenAI* в различных педагогических условиях. В исследовании использовался квазиэкспериментальный дизайн, сравнивающий две учебные группы: группу с учителем-консультантом и обычную группу. Обе группы взаимодействовали с чат-ботом *E-Talk* в двух режимах выполнения заданий – тематическом диалоге и свободном диалоге. Источники данных включали анкету вовлеченности, журналы чата «человек-*GenAI*» и полуструктурирован-

ные интервью. Результаты показали, что группа с учителем-консультантом продемонстрировала значительно более высокую поведенческую, когнитивную и социальную вовлеченность по сравнению с обычной группой, что подчеркивает ценность структурированной учебной поддержки. Полученные результаты имеют важное значение для практического обучения иностранному языку. Во-первых, они демонстрируют, что педагогический дизайн имеет огромное значение в обучении с помощью *GenAI* – сама технология не определяет результаты. Во-вторых, они предполагают, что преподаватели играют незаменимую роль в поддержке вовлеченности учащихся, даже в условиях высокой степени автоматизации. В-третьих, они показывают, что структура заданий может быть целенаправленно разработана для стимулирования более глубокой когнитивной обработки. Как заключают Мин и его коллеги, «результаты подчеркнули важность педагогического дизайна и зависимость вовлеченности учащихся от контекста в практике разговорного английского языка с помощью *GenAI*». Это исследование предоставило эмпирические доказательства, подтверждающие роль преподавателей и разработки заданий в улучшении опыта обучения иностранному языку с помощью *GenAI*.

Еще одной тенденцией 2026 г. стало микрообучение. Оно стало инновационным, ориентированным на учащегося подходом, который предоставляет целевой контент в виде небольших фрагментов с помощью интерактивных цифровых средств. Опираясь на теорию когнитивной нагрузки (*Sweller, 1994*), микрообучение учитывает ограниченную емкость рабочей памяти и оптимизирует когнитивную обработку, предоставляя контент в управляемых блоках, по мнению ученого. В языковом образовании сегментирование сложных лингвистических концепций на небольшие модули повышает эффективность и автономию учащегося.

Педагогический потенциал микрообучения дополнительно подтверждается теорией двойного кодирования и теорией мультимедийного обучения (*Mayer, 2009*), которые подчеркивают интеграцию вербального и визуального ввода для более глубокого обучения. Эти теоретические основы обосновывают многомодальный, интерактивный дизайн современных микрообучающих методов. Однако нельзя не учесть тот факт, что, говоря о трендах и инновациях в обучении иностранному языку, невозмож-

но не упомянуть интеграцию указанных выше подходов. Интеграция *GenAI* с методологиями микрообучения открывает трансформационные возможности. При стратегическом использовании *GenAI* может способствовать развитию самостоятельности учащихся посредством персонализированного обучения, одновременно поддерживая учителей в разработке учебных программ, создании материалов, оценке и предоставлении обратной связи. Эти возможности позиционируют *GenAI* как катализатор масштабируемого, настраиваемого микрообучения в языковом образовании.

Конке и Мурхаус (2026) провели качественное исследование, изучающее восприятие будущими учителями языков микрообучения с использованием *GenAI* в классе интеграции технологий в преподавание английского языка. Четырнадцать будущих учителей из Гонконга размышляли о своем участии в адаптивных, мультимодальных микрообучающих мероприятиях, разработанных для минимизации когнитивной нагрузки. В исследовании были выделены четыре основные темы.

Тема 1. Персонализация и обучение «точно в срок». Участники высоко оценили то, как сгенерированные ИИ-задания адаптировались к их индивидуальным потребностям в обучении. При этом учителя отмечали, что при выполнении упражнений, направленных на формирование лексической компетенции, они, например, давали намеренно неправильный ответ, но ИИ не только исправил ошибки, но и объяснил причину и привел пример.

Тема 2. Многомодальная интерактивность и вовлеченность. Интеграция нескольких модальностей – видео, инфографики, карточек и интерактивных викторин – повысила вовлеченность учащихся и, более того, данная интеграция учитывала разнообразные предпочтения в обучении.

Тема 3. Обратная связь, автономия и саморегуляция. Участники высоко оценили мгновенную персонализированную обратную связь, предоставляемую системами *GenAI*, которая поддерживала самостоятельное обучение и корректировку.

Тема 4. Вопросы доверия и прозрачности. Несмотря на энтузиазм по поводу возможностей *GenAI*, участники выразили обеспокоенность по поводу автономии учащихся, чрезмерной зависимости от поддержки ИИ, а также точности и прозрачности контента. Они подчер-

кнули критическую роль преподавателей-людей в посредничестве и контекстуализации использования *GenAI*. На основе этих выводов Конке и Мурхаус предложили четыре педагогических принципа для эффективного микрообучения с помощью *GenAI*.

1. Адаптивность в реальном времени: контент должен динамически адаптироваться к результатам и потребностям учащихся.

2. Мультимодальная интерактивность: учебные мероприятия должны интегрировать различные семиотические режимы для поддержки понимания и вовлеченности.

3. Индивидуальный подход к обучению: содержание и темп обучения должны учитывать индивидуальные различия учащихся.

4. Надежность и точность: контент, сгенерированный ИИ, должен быть лингвистически точным и педагогически подходящим. Эти принципы отражают уникальные возможности формата микрообучения – а именно: его краткость, целенаправленность и возможность повторения, что не является только общими характеристиками *GenAI*.

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы: генеративный ИИ знаменует качественный сдвиг в иноязычном образовании. В отличие от ранних систем, основанных на правилах, современные *GenAI*-инструменты обеспечивают адаптивное, контекстуализированное и естественное взаимодействие, поддерживающее развитие всех видов речевой деятельности – от говорения до письма. Следующий вывод заключается в том, что педагогический дизайн остается определяющим фактором эффективности. Как показывают исследования, сама по себе технология не гарантирует образовательных результатов. Кроме того, интеграция *GenAI* с микрообучением создает новые возможности для персонализации. Еще одним выводом является тот факт, что роль преподавателя трансформируется, но не исчезает. ИИ берет на себя рутинные, масштабируемые задачи, тогда как преподаватель сохраняет ключевые функции. Таким образом, интеграция ИИ в иноязычное образование представляет собой не технологическую замену, а эволюцию педагогической практики, в которой человек и технология выступают как взаимодополняющие партнеры. Успешность этой трансформации зависит от сбалансированного сочетания инновационных технологий, продуманного педагогического дизайна и развития

человеческого капитала – прежде всего, компетентности преподавателей, способных осознанно и ответственно интегрировать ИИ в иноязычный образовательный процесс.

Литература

1. Маслиева, Е.С. Использование научно-исследовательской деятельности для интеграции мотивирующего и обучающего потенциала внеаудиторной и аудиторной работы студентов при подготовке будущих учителей / Е.С. Маслиева // *Перспективы науки*. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 7(166). – С. 216–219.
2. Georgiou, G.P. Envisioning the futures of language education in the era of artificial intelligence / G.P. Georgiou // *Journal of Futures Studies*. – 2026. – No. 1. – P. 17–24.
3. Kohnke, L. Principles of GenAI-assisted microlearning: perspectives of pre-service language teachers / L. Kohnke, B.L. Moorhouse // *ELT Journal*. – 2026. – No. 1. – P. 132–135.
4. Ren, T. Assessing artificial intelligence literacy in foreign language teachers: a TPACK-based perspective / T. Ren, Q. Li // *Frontiers in Education*, 2026 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/educ.2026.1706559/full>.

References

1. Maslieva, E.S. Ispolzovanie nauchno-issledovatel'skoj deyatelnosti dlya integratsii motiviruyushchego i obuchayushchego potentsiala vneauditornoj i auditornoj raboty studentov pri podgotovke budushchikh uchitelej / E.S. Maslieva // *Perspektivy nauki*. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 7(166). – S. 216–219.

© Е.С. Маслиева, Ю.А. Мороз, И.Ю. Осадчая, Ю.Ю. Еремина, 2026

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ КАК СПОСОБ РАЗВИТИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВОГО ВУЗА

С.В. ПАВЛОВА, Е.А. МОЛОДЫХ

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
г. Воронеж*

Ключевые слова и фразы: коммуникативная компетенция; преподавание иностранного языка; студенческие научно-практические конференции; критическое мышление; технический вуз.

Аннотация: Цель статьи – рассмотреть, как междисциплинарные научные конференции, проводимые на иностранных языках, могут способствовать развитию иноязычной коммуникативной компетенции студентов. Гипотеза исследования: междисциплинарные научные конференции для студентов позволяют преподавателям развивать иноязычную коммуникативную компетентность студентов и углублять их знания в профессиональной области. Методы исследования: анализ литературы по проблеме исследования; метод педагогического наблюдения, представляющий собой осмысление и анализ целенаправленной подготовки студентов к научно-практическим конференциям. Доказывается эффективность участия студентов в конференциях. Это повышает их внимание и сосредоточенность, мотивирует их практиковать навыки критического мышления на высоком уровне. В результате анализ образовательной практики показал, что вовлечение студентов в научную деятельность и развитие коммуникативной компетенции особенно актуальны в техническом вузе, где в связи с преобладанием естественных наук профессиональная коммуникативная компетенция приобретает все большее значение.

Владение иностранным языком сегодня является неотъемлемым компонентом профессиональной компетенции выпускников неязыковых (технических) вузов. В связи с этим одна из приоритетных задач преподавателя – сформировать у студентов осознанное отношение к языку как к инструменту, необходимому для освоения специальности и расширения кругозора в различных областях знаний. Это требует от педагогов постоянного поиска инновационных методов и подходов к организации образовательного процесса. Современные социальные условия повышают требования к качествам профессионала, нацеливают на формирование личности, характеризующейся творческим типом мышления и самостоятельностью в принятии решений [2].

Конференции на кафедре иностранных языков ФГБОУ ВО «ВГУИТ» проводятся в течение многих лет. Студенты выступают с докладами

на английском, немецком и французском языках в рамках студенческой научной конференции. В данной статье остановимся на проведении конференций на кафедре иностранных языков.

Студенческая научно-практическая конференция обучающихся – одна из основных форм научно-исследовательской деятельности нашего университета, служащая одним из средств формирования у обучающихся общих и профессиональных компетенций.

Студенческая научно-практическая конференция является традиционной формой привлечения обучающихся к научно-исследовательской деятельности, расширения их научного кругозора, приобретения ими исследовательских навыков и обеспечения высокого качества профессиональной подготовки. Студенческая научно-практическая конференция проводится в соответствии с планом университета по различным проблемам, темам, итогам учебно-

исследовательской деятельности творческих объединений обучающихся, проектирования, реферативной работы и т.д.

Участниками конференции могут быть студенты, обучающиеся по направлениям подготовки бакалавриата, магистратуры, специалитета, среднего профессионального образования. Участие в конференции предполагает представление результатов исследовательских работ в форме постерных докладов с блиц-опросом, устных докладов в виде презентации, кратких сообщений (тезисов) и других видов сообщений. На конференцию выставляются работы, которые заслушаны на научных мероприятиях кафедр или факультетов, включенных в список научных мероприятий ВГУИТ, с приглашением сотрудников деканатов и ответственных за научно-исследовательскую работу студентов, получившие одобрение со стороны научно-педагогических работников.

Жюри конференции оценивает представленные в оргкомитет тезисы докладов участников и принимает решение об их публикации в сборнике материалов конференции, определяет победителей и призеров с учетом всех этапов конференции. Конференция проводится по секциям в соответствии с тематикой научных исследований. Итоги конференции подводятся по отдельным секциям, которые закрепляются за соответствующими факультетами.

На конференцию принимаются тезисы экспериментальной, теоретической, исследовательской или проектной работы студентов университета или работы совместно со студентами других вузов. Тезисы докладов направляются в оргкомитет конференции по желанию участников. Тезисы докладов публикуются в сборнике материалов конференции.

Конкурс проводится в два этапа: стендовая и устная сессии (для работ, выполненных в рамках проектного обучения, предусмотрена одна устная сессия). На стендовой сессии каждый участник конференции представляет постер, отражающий основные положения работы. На устной сессии в рамках соответствующей секции студенты делают доклад с использованием мультимедийной презентации. После устного сообщения присутствующие члены жюри задают вопросы, оценивают доклад и ответы по критериям по 5-балльной шкале.

Процесс подготовки студентов к конференции стартует уже на первом курсе. Темы докладов отличаются широким разнообразием и

актуальностью. Ключевая задача мероприятия – научить студентов использовать иностранный язык как рабочий инструмент для научной деятельности. Конференция также предполагает высокий уровень самостоятельности: учащимся предстоит самостоятельно отбирать и обрабатывать иноязычные источники по выбранной теме.

Однако проведению конференции предшествует тщательная подготовка. Первый этап – выбор темы и формулировка задач исследования, что часто вызывает сложности у студентов. Здесь важна роль преподавателя-наставника, особенно на начальных этапах. Необходимо помочь учащимся корректно определить цели, выделить значимую информацию и учесть их индивидуальные интересы и способности. Это позволит студентам не просто продемонстрировать владение языком, но и донести суть исследования до аудитории, включая слушателей, не погруженных в тему. Кроме того, отрабатываются навыки устной речи, востребованные в будущей профессии.

Работа с материалом требует времени. Студенту необходимо найти и проанализировать статьи на иностранном языке, структурировать данные, составить обзор и подвести итоги. На основе этого готовится текст доклада и презентация. Выступление регламентировано (5–7 минут) и должно иметь четкую структуру: краткое вступление с представлением и целями, основная часть с аргументацией и заключение с выводами.

Особое внимание уделяется созданию презентации. Студенты технического вуза, как правило, владеют навыками веб-дизайна, однако преподаватель рекомендует выносить на слайды только ключевые тезисы. Завершающий этап – отработка подачи материала: важны темп речи, интонация, жестикация и контакт с залом. Предпочтительно свободное владение текстом, а не чтение с листа. Готовая работа оценивается компетентным жюри из преподавателей кафедры.

Система номинаций позволяет отметить достоинства каждого доклада: актуальность, оригинальность подхода, глубину анализа, практическую значимость или качество презентации. Жюри стремится к объективности, но важно поощрить каждого участника, оценив не только его исследовательский труд, но и смелость публичного выступления.

Итогом участия в научно-практической

конференции становится не просто презентация исследования.

Это событие имеет огромное воспитательное и развивающее значение: оно пробуждает в студентах стремление к постоянному самосовершенствованию, учит нестандартно мыслить и достойно представлять свои идеи, что закладывает основу для будущей успешной профессиональной конкуренции. Об этом свидетельствуют и темы докладов-презентаций, с которыми выступали на научных конференциях студенты нашего университета: «Типологический анализ национального характера русских и британцев на основе пословиц и поговорок», «Мем как феномен массовой культуры (на примере британского/американского английского языка)», «*Gen Alpha*: молодежный сленг или как быть в тренде!», «Язык как инструмент *softpower*: почему английский остается глобальным *lingua franca*?», «Эволюция концепта «Американская мечта», «Билингвизм: когнитивные преимущества», «Особенности перевода англоязычных новостных заголовков», «Заимствования в сфере международного туризма как лингвокультурное явление», «Перевод аббревиатур в современном английском языке», «Роль и место иноязычных заимствований в формировании лексико-семантического поля «Мода» во французском языке», «Структурные особенности английских терминов в сфере пищевой промышленности», «Культурный код цветообозначений в немецком языке», «Немецкие антропонимы: комичный и ироничный потенци-

ал» и еще многие другие интересные, сложные и увлекательные темы [3]. Участие в конференции развивает исследовательские способности студентов, умение слышать и слушать выступающих, повышает уровень владения иностранным языком.

Чем чаще студенты участвуют в различных конференциях, тем больший опыт они приобретают, а все это в дальнейшем повлияет на качество их публичных выступлений и научно-технических статей.

Организация коллективных дискуссий по заданной тематике создает среду для обмена идеями и суждениями. Обсуждение приобретает особую глубину при столкновении различных мотиваций и намерений. Следовательно, ключевым результатом является не сиюминутный консенсус, а формирование у студентов навыков рефлексии, аргументации, алгоритмизации мышления и эффективного группового взаимодействия, что в совокупности составляет основу развития коммуникативной компетенции [1].

Таким образом, иностранный язык выступает обязательным компонентом профессиональной подготовки в техническом вузе. Практика показывает: студенты, участвующие в научно-практических конференциях, демонстрируют более высокий уровень подготовки. Они эффективно устанавливают межпредметные связи в исследовательской работе, а также развивают лидерские качества и умение работать в команде.

Литература

1. Абдуразякова, Е.П. Иноязычная коммуникативная компетенция как одна из составляющих личностной и профессиональной характеристик современного специалиста / Е.П. Абдуразякова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2010. – № 3(13). – С. 350–352.
2. Павлова, С.В. Использование деловой игры как технологии формирования языковой компетенции у студентов неязыковых вузов / С.В. Павлова, Е.А. Молодых // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБПринт. – 2022. – № 6(135). – С. 118–120.
3. Юрина, М.В. Структурные особенности английских терминов в сфере пищевой промышленности / М.В. Юрина, Д.Б. Тимофеева, С.В. Павлова // Материалы студенческой научной конференции за 2025 г. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2025. – С. 462.

References

1. Abdurazyakova, E.P. Inoyazychnaya kommunikativnaya kompetentsiya kak odna iz sostavlyayushchikh lichnostnoj i professionalnoj kharakteristik sovremennogo spetsialista / E.P. Abdurazyakova // Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2010. – № 3(13). – S. 350–352.

2. Pavlova, S.V. Ispolzovanie delovoj igry kak tekhnologii formirovaniya yazykovoj kompetentsii u studentov neyazykovykh vuzov / S.V. Pavlova, E.A. Molodykh // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2022. – № 6(135). – S. 118–120.

3. YUrina, M.V. Strukturnye osobennosti anglijskikh terminov v sfere pishchevoj promyshlennosti / M.V. YUrina, D.B. Timofeeva, S.V. Pavlova // Materialy studencheskoj nauchnoj konferentsii za 2025 g. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennij universitet inzhenernykh tekhnologij, 2025. – S. 462.

© С.В. Павлова, Е.А. Молодых, 2026

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО СТОЛА «ПИРОГОВ» И ЛАБОРАТОРИИ BITRONICSLAB КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ БИОМЕХАНИКЕ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

А.П. ПАШКОВ¹, О.В. ЖУКОВА², Т.Г. ТРЕБУШИНИНА², М.О. МЕШКОВА¹

¹ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет»;

² ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет»,
г. Барнаул

Ключевые слова и фразы: биомеханика; интерактивный анатомический стол «Пирогов»; лаборатория нейротехнологий *BitronicsLab*; учителя физической культуры.

Аннотация: Актуальность поиска эффективных подходов к преподаванию дисциплины «Биомеханика» при подготовке будущих учителей физической культуры и тренеров обусловлена необходимостью объединения теоретического и практического компонента, а также отсутствием четкого единого подхода к преподаванию дисциплины. Приобретаемые в Технопарки педагогических университетов современные интерактивные средства обучения могут являться тем фактором, который способен повысить эффективность преподавания медико-биологических дисциплин. Целью исследования было оценить эффективность комплексного применения интерактивного анатомического стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий *BitronicsLab* в преподавании биомеханики у студентов института физической культуры и спорта. Разработанный подход к последовательности разбора тем и включения в процесс обозначенного оборудования показал свою эффективность: качество знаний экспериментальной группы по результатам итогового тестирования было статистически значимо выше, чем в контрольной группе.

Сегодня интенсивно внедряются в образовательный процесс интерактивные средства обучения, которые направлены на повышение интереса студентов к обучению и улучшение качества подготовки студентов по многим дисциплинам. Открытие Технопарков универсальных педагогических компетенций в вузах способствует обновлению инфраструктуры и внедрению в образовательный процесс современных средств и методик обучения [2]. Интерактивное обучение обеспечивает тесное взаимодействие студентов и преподавателей между собой, а также открывает возможности более глубокого погружения участников образовательного процесса в учебную среду. Одними из ключевых интерактивных средств обучения

при подготовке будущих учителей физической культуры и тренеров по медико-биологическим дисциплинам являются анатомический стол «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий *BitronicsLab*. Фундаментальной дисциплиной, объединяющей многие компетенции специалиста в области физической культуры и спорта, является «Биомеханика». Актуальность поиска эффективных подходов к преподаванию данной дисциплины обусловлена необходимостью объединения теоретического и практического компонента, а также отсутствием четкого единого подхода к преподаванию дисциплины. Организация учебной деятельности с помощью обозначенных средств обучения может привести новый интерактивный компонент в дисциплину

«Биомеханика» и позволит осуществить преемственность знаний анатомии, физиологии и биомеханики. Указанные выше доводы определяют актуальность исследования об использовании интерактивного стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий *BitronicsLab* с целью повышения качественной подготовки студентов института физической культуры и спорта по дисциплине «Биомеханика» в педагогическом вузе. Возможности применения интерактивного анатомического стола «Пирогов» в высших учебных заведениях медицинского профиля при преподавании морфологических дисциплин представлены в исследованиях многих авторов. Также имеются работы, посвященные применению стола «Пирогов» в педагогических вузах при подготовке учителей биологии [1; 3]. Отсутствуют труды, посвященные применению возможностей стола «Пирогов» при подготовке учителей физической культуры и тренеров в совокупности с использованием лаборатории нейротехнологий *BitronicsLab* в рамках медико-биологических дисциплин.

Цель исследования – оценить эффективность применения в образовательном процессе по дисциплине «Биомеханика» интерактивного анатомического стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий *Bitronics Lab* у студентов института физической культуры и спорта педагогического университета.

Материалом исследования является обобщение практического опыта работы использования интерактивного анатомического стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий *Bitronics Lab* в процессе преподавания дисциплины «Биомеханика» у будущих учителей физической культуры и тренеров. В качестве методов исследования были использованы анализ научно-методической литературы, педагогическое наблюдение и обобщение его результатов.

Интерактивный анатомический стол «Пирогов» является лицензионным продуктом компании «Развитие» Самарского государственного медуниверситета, которая курирует вузы на предмет применения стола, его обновлений. Стол «Пирогов» является одним из основных средств обучения дисциплинам медико-биологического профиля, расположенных в Технопарке универсальных педагогических компетенций. Учебная лаборатория по нейротехнологиям *Bitronics Lab* является ключевым средством для обучения студентов физиологии на стыке с биофизикой, дающим возможность

прояснить прикладное значение физики и физиологии в медицине и в спорте. Разработчиками стола «Пирогов» предусмотрено использование в образовательных целях непосредственно интерактивного анатомического стола «Пирогов» и мобильной версии (приложение *Pirogov Anatomy*), являющейся дополнением к печатным анатомическим атласам, учебникам. Набор лаборатории *BitronicsLab* включает в себя сенсоры для записи различных биосигналов организма: сенсор электрокардиограммы, электромиограммы, пульса, электроэнцефалограммы, кожно-гальванической реакции, механических колебаний грудной клетки. Каждый набор имеет методические рекомендации, содержащие описание лабораторных работ по различным темам физиологии.

Применение вышеуказанных средств обучения в подготовке студентов на таких дисциплинах, как «Анатомия» и «Физиология», продиктовано логикой: изучение строения организма при использовании возможностей стола «Пирогов» в 3D-режиме сегодня является неотъемлемой частью образовательного процесса в дисциплине «Анатомия», лаборатория *BitronicsLab* применяется в рамках лабораторных работ по физиологии. При этом нет предложений по использованию данного оборудования на одной из ключевых дисциплин подготовки учителей физической культуры и тренеров – «Биомеханика». Биомеханика должна сформировать у студента четкое понимание взаимосвязи топографии мышц с движениями и влияниями данных движений на эффективность физических упражнений через объем рекрутируемых мышечных волокон. И именно для решения данной задачи в рамках реализации дисциплины «Биомеханика» может быть эффективно совместное использование и анатомического стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий.

С позиции изучения биомеханики очень важным функционалом стола «Пирогов» является функциональная анатомия, которая позволяет изучать не только статичную анатомию, но и сразу демонстрировать функцию каждой мышцы и ее роль в каждом из движений в суставе.

Образовательный процесс по разделу «Биомеханика физических упражнений» дисциплины «Биомеханика» может быть выстроен в следующей последовательности.

1. Изучение (закрепление) строения су-

ставов с описанием возможных движений и их амплитуд с применением 3D-демонстрации со стола «Пирогов».

2. Изучение (закрепление) топографии скелетных мышц с применением 3D-демонстрации со стола «Пирогов».

3. Изучение влияния мышц на движения в суставах с помощью применения раздела функциональной анатомии интерактивного стола «Пирогов» (демонстрация при объяснении материала, самостоятельная работа студентов).

4. Изучение (закрепление) физиологии мышечной ткани, как возбудимой ткани, генерирующей потенциала покоя и действия, что позволяет фиксировать активность мышечных пучков и групп.

5. Лабораторные работы с использованием лаборатории нейротехнологий *Bitronics Lab*:

- демонстрационная работа «Сокращение мышечных волокон и сигнал ЭМГ»;
- лабораторная работа «Изучение усталости мышц с помощью электромиографии»;
- исследовательская работа «Электромиография и сила сокращения мышц».

6. Разбор физических упражнений на различные мышечные группы с оценкой их эффективности при помощи сенсоров электромиографии.

В Алтайском государственном педагогическом университете согласно учебному плану бакалавриата изучение дисциплины «Биомеханика» у будущих учителей физической культуры и тренеров предусмотрено на втором курсе в 3-м семестре. Целью дисциплины является формирование у будущих педагогов по физической культуре теоретических знаний по биодинамике физических упражнений, а также практических умений и навыков, необходимых для научно обоснованного осуществления физкультурно-спортивной работы. Одними из ключевых задач дисциплины являются:

- овладение студентами профессионально-педагогическими умениями и навыками самостоятельного обоснования техники соревновательных и тренировочных упражнений и умелое их использование как во время практических занятий с обучаемыми, так и в научных исследованиях;
- получение знаний основ биомеханики для создания возможности приспособления к внешней среде в основных видах жизнедеятельности человека, при разной профессиональной деятельности и видах спорта;

– реализация принципов биомеханики и объективных физических законов природы с целью максимально полного использования свойств окружающей среды и достижений научно-технического прогресса с качественно новыми материалами для разработки нового инвентаря и технических средств.

В рамках изучения дисциплины предусмотрены лабораторные и семинарские занятия, лекции. Итоговым контролем по освоению дисциплины является зачет с оценкой, также предусмотрено итоговое контрольное тестирование после завершения курса.

С целью оценки эффективности использования интерактивного анатомического стола «Пирогов» и лаборатории *BitronicsLab* в рамках раздела «Биомеханика физических упражнений» дисциплины «Биомеханика» были выбраны две группы студентов второго курса.

Контрольная группа – это студенты профиля «Физическая культура и дополнительное образование», которые изучали дисциплину в 2023/2024 уч. г. без применения вышеуказанных средств обучения ($n = 26$).

Экспериментальная группа этого же профиля – обучающиеся в 2024/2025 уч. г. ($n = 32$). У них преподавание данного раздела осуществлялось с применением стола «Пирогов» и лаборатории нейротехнологий по приведенному выше алгоритму.

Исходный уровень знаний по разделу «Биомеханика физических упражнений» проверяется по разработанному на кафедре тесту на первом занятии, что позволяет оценить выживаемость знаний из курса анатомии и физиологии, а также фундамент и задел на изучение дисциплины «Биомеханика».

Для вычисления качества знаний согласно диагностике, описанной в работах Е.В. Мялкиной, авторами применялась формула:

$$K3 = ((A + B) / OSt) \times 100 \%,$$

где $K3$ – качество знаний, A – количество оценок «отлично» (5), B – количество оценок «хорошо» (4), OSt – общее количество студентов [7, с. 6]. Исходный уровень знаний в обеих группах не выявил статистической достоверности различий в экспериментальной и контрольной группах. В ходе сравнения качества знаний студентов на основе итогового контрольного среза знаний в форме теста получены следующие результаты. В экспериментальной

группе качественная успеваемость составила 81,25 %: 12 студентов получили оценку «отлично», 14 студентов – «хорошо»; 6 – «удовлетворительно». В контрольной группе качественная успеваемость составила 38,46 %: 3 студента – «отлично»; 7 студентов – «хорошо», 12 – «удовлетворительно»; 4 – «неудовлетворительно». Промежуточная аттестация студентов также показала более высокие результаты в экспериментальной группе.

Как показало проведенное исследование,

комплексное применение современных интерактивных средств обучения: анатомический стол «Пирогов» и лаборатория нейротехнологий *BitronicsLab* способствует повышению эффективности обучения одной из важнейших медико-биологических дисциплин при подготовке учителей физической культуры и тренеров «Биомеханики», позволяет выстроить у студента взаимосвязь топографической, функциональной анатомии, физиологии мышечной ткани и механики физических упражнений.

Литература

1. Коурова, С.И. Применение интерактивного атласа стол «Пирогов» как средство повышения качества знаний студентов по анатомии и морфологии человека в педагогическом вузе / С.И. Коурова, Н.В. Шарыпова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2024. – № 5.
2. Пашков, А.П. Оценка уровня знаний в области гигиенического обучения и воспитания будущих учителей физической культуры / А.П. Пашков, А.В. Агабекян, М.Б. Ушакова, А.Н. Пашкова // *Глобальный научный потенциал*. – СПб. : ТМБпринт. – 2022. – № 10(139). – С. 192–194.
3. Шарыпова, Н.В. Возможности интерактивного стола «Пирогов» в подготовке будущих учителей биологии / Н.В. Шарыпова, С.И. Коурова, А.Г. Брусянина, Я.А. Батенева, Е.А. Тощева // *Современные наукоемкие технологии*. – 2024. – № 10. – С. 223–227.

References

1. Kourova, S.I. Primenenie interaktivnogo atlasa stol «Pirogov» kak sredstvo povyshenie kachestva znaniy studentov po anatomii i morfologii cheloveka v pedagogicheskom vuze / S.I. Kourova, N.V. SHarypova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2024. – № 5.
2. Pashkov, A.P. Otsenka urovnya znaniy v oblasti gigienicheskogo obucheniya i vospitaniya budushchikh uchitelej fizicheskoy kultury / A.P. Pashkov, A.V. Agabekyan, M.B. Ushakova, A.N. Pashkova // *Globalnij nauchnij potentsial*. – SPb. : TMBprint. – 2022. – № 10(139). – S. 192–194.
3. SHarypova, N.V. Vozmozhnosti interaktivnogo stola «Pirogov» v podgotovke budushchikh uchitelej biologii / N.V. SHarypova, S.I. Kourova, A.G. Brusyanina, YA.A. Bateneva, E.A. Toshcheva // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. – 2024. – № 10. – S. 223–227.

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ПРЫГУНОВ В ВЫСОТУ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Т.П. РЫБАЛЬЧЕНКО¹, А.А. КОСТЕНКО¹, А.П. КОЛЕСНИКОВА², Т.В. МЕДВЕДЕВА³

¹ ФГБОУ ВО «Армавирский государственный педагогический университет»,

г. Армавир;

² ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,

г. Хабаровск;

³ Приазовский государственный технический университет –

филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет»,

г. Мариуполь

Ключевые слова и фразы: прыгуны; прыжок в высоту; соревновательная деятельность.

Аннотация: Цель исследования – определить факторы повышения эффективности соревновательной деятельности высококвалифицированных прыгунов в высоту. В результате проведенного факторного анализа установлено, что наибольший вклад в эффективность спортивной деятельности в прыжках в высоту спортсменов разной квалификации имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности. У мастеров спорта международного класса наибольшее влияние на результативность в соревнованиях имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности, а также возраст спортсменов, значение индекса массы тела и длина разбега. У мастеров спорта наибольший вклад в эффективность соревновательной деятельности имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности, а также длина разбега и показатели физического развития. У кандидатов в мастера спорта наибольшее влияние на результативность в соревнованиях имели скоростные показатели и длина разбега.

Рост международного престижа многих стран напрямую связывается с успешным выступлением национальных команд в крупнейших мировых и европейских соревнованиях, что стимулирует государственные и спортивные организации к формированию эффективно действующих систем спорта высших достижений и олимпийской подготовки, которые позволяли бы добиваться успеха не только в отдельных видах соревновательной программы, но и в неофициальном общекомандном зачете. Сегодня особенно важно определить ключевые показатели, позволяющие объективно судить об эффективности национальных систем спортивной подготовки, а также основные детерминанты спортивного успеха, в составе которых выделяют уровень организации спортивного

движения, степень централизации подготовки сборных команд или индивидуальный спортивно-генетический потенциал, функционирование эффективной системы соревнований, программно-нормативное и научно-методическое обеспечение спортивной тренировки, наличие системы спортивных организаций, системы подготовки физкультурно-спортивных кадров и повышения их квалификации [1–4].

При исследовании влияния показателей подготовленности на соревновательный результат в прыжке в высоту мастеров спорта международного класса было выявлено 3 фактора. Первый фактор, в который вошли скоростные и скоростно-силовые показатели, возраст, индекс массы тела и длина разбега, почти на половину (47 %) определял успех соревновательной

Таблица 1. Коэффициент корреляции между результатами соревновательной деятельности и показателями физической, технической подготовленности и физического развития прыгунов в высоту разной квалификации

Показатели физического развития	группа МСМК	группа МС	группа КМС
Рост, см	0,84	-0,12	0,13
Вес, кг	0,19	-0,16	-0,20
Индекс массы тела (Кетле), усл.ед.	-0,48	-0,07	-0,47
Возраст, р.	0,45	0,75	-0,12
Бег 30 м с хода, с	0,48	-0,67	-0,02
Бег 60 м со старта, с	0,00	-0,58	0,13
Прыжок в длину с места, см	0,34	0,41	-0,34
Тройной прыжок с места, см	0,99	0,43	-0,14
Прыжок в высоту с места, см	0,92	-0,52	0,51
Длина разбега, количество шагов	0,43	-0,03	-0,22
Скорость на последних 3-х шагах разбега, м·с ⁻¹	0,89	0,67	0,82

деятельности спортсменов. На 37 % результат в прыжках в высоту зависел от значений веса и роста, скорости на последних 3-х шагах разбега и результатов прыжка в высоту с места (II фактор). Результаты в беге на 60 м определяли успешность соревновательной деятельности на 15 % (III фактор).

При исследовании влияния показателей подготовленности на соревновательный результат в прыжке в высоту мастеров спорта было выявлено 3 основных фактора. Первый фактор, в который вошли скоростно-силовые показатели, длина разбега, а также показатели физического развития, на 39 % определял успех соревновательной деятельности спортсменов. На 28 % результат в прыжках в высоту зависел от скоростных показателей и возраста спортсменов (II фактор). Показатели в прыжке в высоту с места, роста и скорости на последних 3-х шагах разбега определяли успешность соревновательной деятельности на 20 % (III фактор).

У кандидатов в мастера спорта было выявлено 4 основных фактора, которые определяли эффективность соревновательной деятельности в прыжках в высоту. В состав первого фактора (43 %) вошли скоростные показатели, а также показатели длины разбега. Показатели тройного прыжка с места, индекса массы тела и возраста спортсменов (II фактор) определяли 22 % успешности соревновательной деятельности прыгунов в высоту. Результаты в прыжке в вы-

соту с места и скорости на последних 3-х шагах разбега определяли успешность соревновательной деятельности на 20 % (III фактор). На 11 % результат в прыжках в высоту зависел от показателей роста спортсменов (IV фактор).

Анализ влияния показателей физического развития на соревновательную деятельность прыгунов в высоту различной квалификации выявил, что наибольшее влияние на эффективность соревновательных результатов данные показатели имели у мастеров спорта международного класса (табл. 1).

В ходе исследования установлено, что у спортсменов-мастеров спорта международного класса наибольшее влияние на результаты соревновательной деятельности в прыжках в высоту имели показатели роста ($r = 0,84$). Показатели индекса массы тела ($r = -0,48$) и возраста ($r = 0,45$) имели среднюю взаимосвязь с результатами соревновательной деятельности, а показатель веса почти не влиял на эффективность соревнований в прыжке в высоту. У мастеров спорта среди показателей физического развития наибольшее влияние на соревновательный результат в прыжке в высоту имели возрастные показатели ($r = 0,75$), в то же время показатели роста, веса и индекса массы тела не имели существенного влияния на результаты соревновательной деятельности в прыжке в высоту ($r < 0,30$).

У кандидатов в мастера спорта показате-

ли физического развития почти не влияли на результат соревнований. Индекс массы тела ($r = -0,47$) имел среднюю связь с результатами прыжка в высоту, а показатели роста, веса и возраста почти не влияли на эффективность прыжков в высоту ($r < 0,30$).

Анализ влияния показателей специальной физической подготовленности на соревновательную деятельность высококвалифицированных прыгунов в высоту свидетельствует, что у мастеров спорта международного класса показатели тройного прыжка с места ($r = 0,99$) и прыжка в высоту с места ($r = 0,92$) оказали наибольшее влияние на эффективность результатов соревнований в прыжках в высоту. Показатели в беге на 30 м с хода ($r = 0,48$) и прыжке в длину с места ($r = 0,34$) имели среднюю взаимосвязь с результатами соревновательной деятельности, а показатели в беге на 60 м не влияли на соревновательную деятельность высококвалифицированных прыгунов в высоту ($r = 0$).

Установлено, что у мастеров спорта показатели специальной физической подготовленности имели среднюю степень корреляции с соревновательным результатом в прыжке в высоту. Так, коэффициенты корреляции равнялись с показателями в беге на 30 м с хода $r = -0,67$; в беге на 60 м $r = -0,58$; прыжка в высоту с места $r = -0,52$; тройного прыжка с места $r = 0,43$ и прыжка в длину с места $r = 0,41$.

У кандидатов в мастера спорта среди показателей специальной физической подготовленности наибольшее влияние на соревновательный результат в прыжке в высоту имели результаты прыжка в высоту с места ($r = 0,51$) и прыжка в длину с места ($r = -0,34$). При этом следует отметить, что указанные показатели имели среднюю взаимосвязь с результатом соревновательной деятельности прыгунов. Показатели тройного прыжка с места, бега на 30 м с хода и бега на 60 м не оказали существенного влияния на результаты соревновательной деятельности спортсменов в прыжке в высоту ($r = -0,02-0,14$).

Анализ взаимосвязи показателей техниче-

ской подготовленности и результатов соревновательной деятельности высококвалифицированных прыгунов в высоту обнаружил, что у мастеров спорта международного класса показатели скорости на последних 3-х шагах разбега имели высокое влияние на результаты прыжка в высоту ($r = 0,89$), в то же время показатели длины разбега имели среднюю степень влияния на высоту соревновательных прыжков ($r = 0,43$).

У мастеров спорта среди показателей технической подготовленности наибольшее влияние на соревновательный результат в прыжке в высоту также имели показатели скорости на последних трех шагах разбега ($r = 0,67$), однако указанные показатели имели среднюю взаимосвязь с результатом соревновательной деятельности прыгунов, в то же время показатели длины разбега не имели влияния на высоту соревновательных прыжков спортсменов ($r = -0,03$). В ходе исследования установлено, что у кандидатов в мастера спорта показатели скорости на последних 3-х шагах разбега имели высокое влияние на результаты прыжка в высоту ($r = 0,82$), в то же время показатели длины разбега не имели существенного влияния на высоту соревновательных прыжков ($r = -0,22$).

В результате проведенного факторного анализа установлено, что наибольший вклад в эффективность спортивной деятельности в прыжках в высоту спортсменов разной квалификации имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности. У мастеров спорта международного класса наибольшее влияние на результативность в соревнованиях имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности, а также возраст спортсменов, значение индекса массы тела и длина разбега. У мастеров спорта наибольший вклад в эффективность соревновательной деятельности имели показатели скоростной и скоростно-силовой подготовленности, а также длина разбега и показатели физического развития. У кандидатов в мастера спорта наибольшее влияние на результативность в соревнованиях имели скоростные показатели и длина разбега.

Литература

1. Германов, Г.Н. Изучение детерминант подготовки, определяющих успех выступления спортсменов стран Европы в легкоатлетическом спорте высших достижений / Г.Н. Германов, В.Г. Никитушкин, Е.Г. Цуканова // Ученые записки университета Лесгафта. – 2012. – № 2(84). – С. 34–39.
2. Корнев, С.В. Скоростно-силовая подготовка прыгунов в высоту / С.В. Корнев // E-Scio. –

2022. – № 366. – С. 1–4.

3. Кудинов, А.А. Особенности физической подготовленности прыгунов в высоту различной спортивной квалификации / А.А. Кудинов, Н.В. Марьина, В.И. Шарагин, Д.А. Казаков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 9(199). – С. 159–161.

4. Рыбальченко, Т.П. Показатели средней соревновательной скорости у бегунов на 1500 м / Т.П. Рыбальченко, А.А. Костенко, Т.В. Медведева, Е.В. Ромашина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 9(192). – С. 121–124.

References

1. Germanov, G.N. Izuchenie determinant podgotovki, opredelyayushchikh uspekhn vystupleniya sportsmenov stran Evropy v legkoatleticheskom sporte vysshikh dostizhenij / G.N. Germanov, V.G. Nikitushkin, E.G. TSukanova // Uchenye zapiski universiteta Lesgafta. – 2012. – № 2(84). – S. 34–39.

2. Kornev, S.V. Skorostno-silovaya podgotovka prygunov v vysotu / S.V. Kornev // E-Scio. – 2022. – № 366. – S. 1–4.

3. Kudinov, A.A. Osobennosti fizicheskoy podgotovlennosti prygunov v vysotu razlichnoj sportivnoj kvalifikatsii / A.A. Kudinov, N.V. Marina, V.I. SHaragin, D.A. Kazakov // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. – 2021. – № 9(199). – S. 159–161.

4. Rybalchenko, T.P. Pokazateli srednej sorevnovatelnoj skorosti u begunov na 1500 m / T.P. Rybalchenko, A.A. Kostenko, T.V. Medvedeva, E.V. Romashina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 9(192). – S. 121–124.

© Т.П. Рыбальченко, А.А. Костенко, А.П. Колесникова, Т.В. Медведева, 2026

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БУДУЩИХ ГЕОЛОГОВ В ПРОЦЕССЕ ПОЛЕВЫХ ПРАКТИК: РАЗВИТИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ

И.С. ФРОЛОВ, О.В. КИРИЛЛОВА

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары*

Ключевые слова и фразы: профессиональная устойчивость; профессионально важные качества; полевая практика; геологическое образование; экстремальные условия труда; педагогические условия; адаптация; профессионализация.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена противоречием между возросшими требованиями геологоразведочной отрасли к стрессоустойчивости и адаптивности специалистов, работающих в экстремальных условиях, и недостаточной разработанностью педагогических условий формирования данных качеств в системе высшего образования. В статье представлены теоретическое обоснование и эмпирическая проверка модели формирования профессиональной устойчивости будущих геологов в процессе полевых практик. Проведен анализ феномена профессиональной устойчивости, выделены ее основные компоненты: психофизиологический, эмоционально-волевой и когнитивный. Обоснован потенциал полевых практик как квазипрофессиональной среды, моделирующей условия реального геологического труда. Предполагается, что именно погружение в такую среду выступает системообразующим фактором профессионализации и способствует целенаправленному развитию профессионально важных качеств (ПВК). Исследование опиралось на комплекс методов: теоретический анализ, лонгитюдное наблюдение, психологическое тестирование (методики САН, Холмса и Раге, Зверькова – Эйдмана, Хайма), анализ продуктов деятельности, а также методы математической статистики. В выборку вошли 87 студентов 2–4 курсов, проходивших полевые практики в Хибинах и на Южном Урале в 2023–2025 гг. В результате выявлена поэтапная динамика формирования устойчивости – от острого стресса на начальном этапе до становления профессиональной идентичности на завершающем. Установлена значимая корреляция между уровнем командного взаимодействия и эмоциональной устойчивостью ($r = 0,67$; $p < 0,01$). Определены педагогические условия, обеспечивающие эффективность процесса: эскалация сложности задач, рефлексивное сопровождение, ротация ролей. Полученные данные позволяют рассматривать полевую практику как «естественный тренажер» профессионально важных качеств, необходимых для успешной деятельности геолога в экстремальных условиях.

Современный этап развития минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации характеризуется интенсификацией геологоразведочных работ в труднодоступных регионах с экстремальными климатогеографическими условиями – Арктической зоне, Сибири, Дальнем Востоке. Это предъявляет принципиально новые требования не только к уровню теоре-

тической подготовки выпускников геологических специальностей, но и к их психофизиологической готовности к длительной автономной работе в условиях сенсорной депривации, физических перегрузок и высокой степени неопределенности. В этой связи категория «профессиональная устойчивость» приобретает статус метакомпетенции, определяющей эффектив-

ность и безопасность трудовой деятельности геолога.

Анализ образовательной практики высшей школы показывает, что традиционная аудиторная подготовка, ориентированная преимущественно на трансляцию декларативных знаний, не в полной мере обеспечивает формирование готовности выпускников к совладанию с деструктивными факторами профессиональной среды. Существует противоречие между потребностью отрасли в специалистах, обладающих высокой профессиональной устойчивостью, и недостаточной теоретической и методической разработанностью вопроса ее формирования в образовательном процессе. На наш взгляд, ключевым ресурсом разрешения данного противоречия выступает система полевых практик, которая трансформирует академическое знание в инструментальное, одновременно выступая полигоном для развития профессионально важных качеств (ПВК).

Целью настоящего исследования является теоретическое обоснование и эмпирическая верификация модели формирования профессиональной устойчивости будущих геологов в процессе полевых практик через актуализацию и развитие ключевых ПВК.

Проблематика профессиональной устойчивости имеет междисциплинарный характер, находясь на стыке психологии труда, акмеологии, педагогики и физиологии. В психологической традиции (В.А. Бодров, Е.П. Ильин, Л.М. Митина) устойчивость трактуется как интегративная характеристика личности, обеспечивающая успешность противодействия неблагоприятным факторам среды и сохранение эффективности деятельности [1, с. 115; 2, с. 204]. Однако экстраполяция общих определений на геологическую профессию требует учета специфики последней.

Геологический труд квалифицируется в литературе (В.П. Казначеев, З.И. Калмыкова) как деятельность, протекающая в особых (экстремальных) условиях, характеризующихся комплексным воздействием физических (гипоксия, резкие перепады температур), социально-психологических (изоляция, гомогенизация социальных контактов) и профессиональных (высокая ответственность за интерпретацию данных) стресс-факторов [3, с. 78; 4, с. 92]. Соответственно, профессиональная устойчивость геолога выступает не просто как стрессоустойчивость, а как системное свойство субъекта

труда, обеспечивающее сохранение заданных параметров деятельности и профессионального здоровья в условиях полимодального стрессового воздействия.

Проведенный теоретический анализ позволяет выделить в структуре профессиональной устойчивости геолога три взаимосвязанных компонента.

1. *Психофизиологический* компонент: характеризует функциональные резервы организма, уровень развития физической выносливости, способность к быстрой мобилизации и восстановлению (резистентность к гипоксии, толерантность к температурным нагрузкам).

2. *Эмоционально-волевой* компонент: отражает способность к саморегуляции эмоциональных состояний, волевой контроль поведения в ситуациях риска и неопределенности, наличие мотивации к преодолению трудностей (интернальный локус контроля).

3. *Когнитивный (операциональный)* компонент: обеспечивает помехоустойчивость познавательных процессов (внимания, памяти, мышления) на фоне утомления, способность к принятию адекватных решений при дефиците времени и информации.

Формирование данных компонентов в условиях вуза невозможно без погружения студента в контекст будущей профессиональной деятельности. Этим требованиям в полной мере отвечает полевая практика. Мы рассматриваем полевую практику не как иллюстративное приложение к теоретическому курсу, а как квазипрофессиональную среду, моделирующую существенные характеристики реального геологического труда: автономность быта, коллективный характер работы, жесткую зависимость от природно-климатических факторов, необходимость решения измерительных и поисковых задач в натуральных условиях [5, с. 156]. Именно в этой среде происходит естественная актуализация ПВК, их тренировка и закрепление на уровне операциональных навыков и личностных черт.

Исследование проводилось на базе Историко-географического факультета Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова в период с 2023 по 2025 г. Выборку составили 87 студентов 2–4 курсов, проходящих учебные и производственные полевые практики в Хибинах и на Южном Урале.

Дизайн исследования включал следующие аспекты.

1. Теоретический анализ научной литературы по проблеме профессиогенеза в особых условиях.

2. Лонгитюдное наблюдение с включенностью исследователя в процесс полевых практик (метод экспертных оценок).

3. Психодиагностический комплекс: оценка стрессоустойчивости (тест САН, методика определения стрессоустойчивости и социальной адаптации Холмса и Раге), волевой саморегуляции (тест-опросник А.В. Зверькова и Е.В. Эйдмана), исследование копинг-стратегий (методика Э. Хайма).

4. Метод анализа продуктов деятельности (полевые дневники, отчеты).

5. Методы математической статистики (t -критерий Стьюдента для связанных выборок, корреляционный анализ по Спирмену).

В ходе исследования было установлено, что процесс полевых практик выступает мощным катализатором профессионального развития, инициируя качественные изменения в структуре личности будущего специалиста. Условно динамику формирования профессиональной устойчивости можно разделить на три этапа, соответствующие логике усложнения практических задач: адаптационно-ориентировочный (1-я практика), стабилизационно-операционный (2-я практика) и продуктивно-творческий (преддипломная практика).

На адаптационно-ориентировочном этапе доминирует психофизиологический компонент. Первичный выход в полевые условия вызывает у большинства студентов (72 %) состояние острого стресса, связанного с ломкой привычных стереотипов жизнеобеспечения. Данные теста САН фиксируют значимое снижение показателей самочувствия и активности ($p < 0,05$) в первые 3–4 дня практики. Однако именно в этот период происходит естественный отбор и тренировка базовых ПВК: толерантности к дискомфорту, физической выносливости. Важнейшую роль играет педагогическое сопровождение (инструктаж, четкая регламентация режима труда и отдыха), позволяющее минимизировать дезадаптационные срывы.

Наиболее значимые трансформации происходят на стабилизационно-операционном этапе. Ключевым психологическим механизмом здесь выступает переход от индивидуального переживания трудностей к коллективному совладанию (копингу). Результаты корреляционного анализа ($r = 0,67$ при $p < 0,01$) выявили

прямую зависимость между уровнем развития навыков командного взаимодействия (взаимопомощь при прокладке маршрута, распределение бытовых обязанностей) и показателями эмоциональной устойчивости. Студенты, успешно интегрировавшиеся в полевой коллектив, демонстрируют сдвиг от неадаптивных копинг-стратегий (избегание, отчаяние) к относительно адаптивным (компенсация, конструктивная активность). Это подтверждает тезис А.В. Петровского о деятельности опосредовании межличностных отношений: совместная деятельность по преодолению объективных трудностей (переход через топь, разбивка лагеря в непогоду) сплачивает группу и служит ресурсом индивидуальной устойчивости [6, с. 332].

В рамках данного этапа особое внимание уделялось развитию когнитивного компонента устойчивости. В условиях физического утомления и монотонии (длительные маршруты) от студентов требовалось сохранение точности визуальных наблюдений, правильности документации обнажений. Экспертная оценка руководителей практик показала, что к концу второй практики у 68 % студентов повышается помехоустойчивость мнестических процессов (память на детали геологического разреза) и развивается так называемое «геологическое зрение» – профессиональная перцепция, позволяющая выделять значимые объекты на фоне ландшафтного шума.

На продуктивно-творческом этапе (производственная практика) происходит интеграция всех компонентов в целостное качество – профессиональную устойчивость. Студенты, уже прошедшие «школу выживания» и освоившие операционную сторону профессии, начинают действовать в режиме самостоятельного планирования и принятия решений. Качественный анализ полевых дневников показывает изменение модальности самоотчетов: от описания бытовых трудностей и переживаний («холодно», «тяжело») к описанию профессиональных задач и способов их решения («сложный участок для заверки аномалии, принял решение сдвинуть профиль»). Это свидетельствует о формировании профессиональной идентичности и интернального локуса контроля в экстремальных ситуациях. Показатели волевой саморегуляции по субшкале «настойчивость» (методика Зверькова – Эйдмана) у выпускников, прошедших полный цикл практик, значимо

выше ($p < 0,01$) по сравнению с контрольной группой студентов, чьи практики носили формальный характер.

Таким образом, полевая практика выполняет не только дидактическую, но и психокоррекционную и развивающую функции. Она действует как «естественный тренажер», в котором формирование профессионально важных качеств происходит не путем искусственных упражнений, а в контексте решения реальных профессиональных задач, что соответствует принципам контекстного обучения (А.А. Вербицкий) [7, с. 45].

Эффективность этого процесса обеспечивается реализацией следующих педагогических условий.

- Эскалация сложности задач: постепенное усложнение маршрутов и увеличение степени автономности студентов.

- Рефлексивное сопровождение: обязательный вечерний разбор дня с акцентом не только на геологические результаты, но и на анализ психологических состояний и способов их регуляции (ведение дневников самонаблюдения).

- Ротация ролей: предоставление студентам возможности побывать в роли дежурного, завхоза, штурмана, начальника отряда, что развивает организаторские способности и ответственность.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что профессиональная устойчивость

будущих геологов является интегративным свойством личности, базирующимся на развитии психофизиологических, эмоционально-волевых и когнитивных профессионально важных качеств. Система полевых практик представляет собой уникальную образовательную среду, в которой происходит не только закрепление теоретических знаний, но и целенаправленное формирование данного свойства.

В отличие от аудиторных форм обучения, полевая практика погружает студента в среду, максимально приближенную к реальным условиям геологического труда. Это погружение запускает механизмы адаптации, тренировки волевых качеств и когнитивной помехоустойчивости. Выявленная динамика свидетельствует о поэтапном переходе от острого стресса новизны через освоение операциональных навыков в команде к формированию устойчивой профессиональной идентичности и способности к эффективным действиям в нестандартных ситуациях.

Перспективы дальнейших исследований мы видим в разработке критериально-диагностического аппарата для объективной оценки уровня сформированности профессиональной устойчивости и создании программ психолого-педагогического сопровождения полевых практик, направленных на минимизацию рисков дезадаптации у студентов с низкими исходными показателями психофизиологической готовности.

Литература

1. Бодров, В.А. Психология профессиональной пригодности : учеб. пособие для вузов / В.А. Бодров. – М. : ПЕР СЭ, 2001. – 511 с.
2. Ильин, Е.П. Психология воли : 2-е изд. / Е.П. Ильин. – СПб. : Питер, 2009. – 368 с.
3. Казначеев, В.П. Современные аспекты адаптации / В.П. Казначеев. – Новосибирск : Наука, 1980. – 192 с.
4. Калмыкова, З.И. Психологические особенности труда геологов / З.И. Калмыкова // Вопросы психологии труда и личности. – Свердловск : УрГУ, 1975. – С. 90–98.
5. Шадриков, В.Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности / В.Д. Шадриков. – М. : Наука, 1982. – 185 с.
6. Петровский, А.В. Теоретическая психология / А.В. Петровский, М.Г. Ярошевский. – М. : Академия, 2001. – 496 с.
7. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А.А. Вербицкий. – М. : Высшая школа, 1991. – 207 с.
8. Кораблева, Г.Б. Формирование профессионально важных качеств специалиста в условиях производственной практики / Г.Б. Кораблева, Е.М. Шрейдер // Профессиональное образование в современном мире. – 2018. – Т. 8. – № 4. – С. 2200–2208.
9. Дмитриева, М.А. Психологические факторы профессиональной устойчивости кадров геологоразведочных партий / М.А. Дмитриева // Вестник ЛГУ. Серия: Экономика. Философия. Пра-

во. – 1984. – Вып. 1. – № 5. – С. 62–69.

10. Леонова, А.Б. Психологические технологии управления состоянием человека / А.Б. Леонова, А.С. Кузнецова. – М. : Смысл, 2009. – 311 с.

11. Кириллова, Т.В. Интеграция педагогического творчества в современный образовательный процесс / Т.В. Кириллова, О.В. Кириллова, С.И. Арсентьева // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(177). – С. 203–207.

12. Сафронова, М.А. Модель построения образовательной траектории выпускника геологогеографического профиля с целью осознанного проектирования карьерной траектории / М.А. Сафронова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2020. – № 10(115). – С. 112–115.

13. Юрин, Н.А. Компетентностный подход в современном образовании: проблемы и перспективы реализации в высших учебных заведениях / Н.А. Юрин // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2020. – № 10(115). – С. 47–49.

References

1. Bodrov, V.A. Psikhologiya professionalnoj prigodnosti : ucheb. posobie dlya vuzov / V.A. Bodrov. – M. : PER SE, 2001. – 511 s.

2. Ilin, E.P. Psikhologiya voli : 2-e izd. / E.P. Ilin. – SPb. : Piter, 2009. – 368 s.

3. Kaznacheev, V.P. Sovremennye aspekty adaptatsii / V.P. Kaznacheev. – Novosibirsk : Nauka, 1980. – 192 s.

4. Kalmykova, Z.I. Psikhologicheskie osobennosti truda geologov / Z.I. Kalmykova // Voprosy psikhologii truda i lichnosti. – Sverdlovsk : UrGU, 1975. – S. 90–98.

5. SHadrikov, V.D. Problemy sistemogeneza professionalnoj deyatel'nosti / V.D. SHadrikov. – M. : Nauka, 1982. – 185 s.

6. Petrovskij, A.V. Teoreticheskaya psikhologiya / A.V. Petrovskij, M.G. YArashevskij. – M. : Akademiya, 2001. – 496 s.

7. Verbitskij, A.A. Aktivnoe obuchenie v vysshej shkole: kontekstnij podkhod / A.A. Verbitskij. – M. : Vysshaya shkola, 1991. – 207 s.

8. Korableva, G.B. Formirovanie professionalno vazhnykh kachestv spetsialista v usloviyakh proizvodstvennoj praktiki / G.B. Korableva, E.M. SHrejder // Professionalnoe obrazovanie v sovremennom mire. – 2018. – T. 8. – № 4. – S. 2200–2208.

9. Dmitrieva, M.A. Psikhologicheskie faktory professionalnoj ustojchivosti kadrov geologorazvedochnykh partij / M.A. Dmitrieva // Vestnik LGU. Seriya: Ekonomika. Filosofiya. Pravo. – 1984. – Vyp. 1. – № 5. – S. 62–69.

10. Leonova, A.B. Psikhologicheskie tekhnologii upravleniya sostoyaniem cheloveka / A.B. Leonova, A.S. Kuznetsova. – M. : Smysl, 2009. – 311 s.

11. Kirillova, T.V. Integratsiya pedagogicheskogo tvorchestva v sovremennij obrazovatel'nyj protsess / T.V. Kirillova, O.V. Kirillova, S.I. Arsenteva // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2025. – № 12(177). – S. 203–207.

12. Safronova, M.A. Model postroeniya obrazovatel'noj traektorii vypusknika geologogeograficheskogo profilya s tselyu osoznannogo proektirovaniya karernoj traektorii / M.A. Safronova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2020. – № 10(115). – S. 112–115.

13. YUrin, N.A. Kompetentnostnij podkhod v sovremennom obrazovanii: problemy i perspektivy realizatsii v vysshih uchebnykh zavedeniyakh / N.A. YUrin // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2020. – № 10(115). – S. 47–49.

© И.С. Фролов, О.В. Кириллова, 2026

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ВЫЗОВЫ ПОДГОТОВКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ КИТАЙСКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО С УЧЕТОМ ЛИНГВОКУЛЬТУРНОЙ СПЕЦИФИКИ

Н.Г. ЦОЙ^{1,2}, И.В. АБАКУМОВА²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»;

² ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова и фразы: китайский язык как иностранный; методика преподавания; подготовка преподавателей; лингвокультурология; иероглифика; тональная система; межкультурная коммуникация; языковые трудности.

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию ключевых методических основ, современных тенденций и педагогических вызовов в подготовке преподавателей китайского языка как иностранного с особым акцентом на его уникальную лингвокультурную специфику. Цель исследования – провести комплексный анализ и обобщение ключевых методических основ и педагогических вызовов в подготовке преподавателей китайского языка как иностранного (**КЯИ**) с особым акцентом на лингвокультурный аспект. В задачи исследования входил анализ методологических основ преподавания китайского языка как иностранного, систематизация его лингвистических особенностей как источника педагогических трудностей, а также выявление современных тенденций и перспективных направлений в подготовке преподавателей. Гипотеза базируется на предположении о том, что изучение китайского языка не может быть сведено к простому усвоению знаковой системы; эффективная подготовка преподавателей и успешное освоение языка учащимися невозможны без глубокой интеграции культурного компонента и системного преодоления лингвокультурных трудностей (в фонетике, иероглифике и лексике). В работе применены методы теоретического и комплексного анализа, а также систематизация и обобщение научной литературы, существующих методических подходов и исторического педагогического опыта. Результаты исследования: систематизированы основные педагогические вызовы (тональная система, иероглифика, культурно маркированная лексика) и выделены тренды подготовки преподавателей: цифровизация, междисциплинарность, коммуникативный подход и международное партнерство.

Введение

Глобальное распространение китайского языка как иностранного (**КЯИ**) формирует высокий спрос на преподавателей, способных обучать языку с учетом его уникальной лингвокультурной специфики. Поскольку китайские языковые формы неразрывно связаны с историческими традициями и культурными смыслами, перед педагогами стоят особые методологические вызовы: для успешного обучения необходимо не только владеть языком, но и глубоко понимать культурные контексты [5]. Несмотря

на значительный опыт преподавания КЯИ, накопленный за пределами Китая, вопрос эффективной подготовки самих преподавателей к работе со сложными фонетическими, графическими и лексико-семантическими особенностями языка остается недостаточно изученным. В связи с этим целью настоящего обзора является систематизация и обобщение существующих методических подходов к подготовке преподавателей КЯИ, позволяющих успешно преодолевать эти специфические лингвокультурные трудности.

Методологические аспекты подготовки преподавателей КЯИ

Методологические аспекты подготовки преподавателей китайского языка как иностранного исторически опираются на принцип неразрывного единства языкового и культурного обучения. Как отмечает Н.Н. Бехтева, еще со времен Великого шелкового пути знакомство с философией конфуцианства и даосизма служило обязательным фундаментом для полноценного освоения китайского языка [1]. В середине XX в. эта спонтанная практика эволюционировала в научно обоснованную институционализированную систему с внедрением международных стандартов оценки, таких как тестирование *HSK*, описанное Лю Сюнем, и созданием коммуникативно-ориентированных учебных комплексов, которые, по мнению К.Э. Дубровской, заложили базу для современных программ [8]. Сегодня культурный компонент выступает главным методологическим императивом: согласно исследованиям А.П. Садохина и соавторов, изучение языка невозможно свести к формальному заучиванию знаков без понимания традиций и специфических концепций [3]. В результате современная подготовка требует от будущего педагога умения переводить эти теоретические лингвокультурные знания в конкретные методические приемы. Этот процесс представляет собой сложный синтез историко-культурного базиса, владения передовыми методиками и глубокой методической рефлексии, позволяющей преподавателю конструировать эффективные решения для преодоления фонетических, иероглифических и семантических трудностей учащихся.

Лингвистические особенности как педагогические вызовы

Лингвистические особенности китайского языка выступают серьезными педагогическими вызовами, требующими от преподавателя применения специальных методических решений. Прежде всего, сложная фонетическая система, включающая смыслоразличительные тоны и специфическую артикуляционную базу слогов, обязывает педагога использовать техники интонационного моделирования и современные инструменты визуализации звука для постановки произношения и развития фонематического слуха у учащихся [7]. Кроме того, уникальность

иероглифической письменности диктует необходимость отказа от механического заучивания в пользу аналитического подхода, при котором преподаватель объясняет внутреннюю логику знаков, их этимологию и структурные ключи, активно интегрируя в процесс цифровые тренажеры и мнемотехнику [2]. Значительную трудность представляет и лексико-семантическая база языка, изобилующая историческими идиомами-чэньюй, тонкими синонимическими рядами и цветообозначениями, семантика которых опирается на философские концепции инь-ян и у-син, а не на прямое восприятие спектра [4]. Для успешного преподавания такой лексики педагогу необходимо реализовывать контекстуальный подход, раскрывая перед студентами не только словарные значения, но и стоящие за ними глубинные культурные коды и смыслы китайской цивилизации.

Современные тенденции и перспективы подготовки преподавателей КЯИ

Современная подготовка преподавателей китайского языка как иностранного развивается в нескольких взаимосвязанных направлениях. Важнейшим вектором является интеграция цифровых технологий и искусственного интеллекта, требующая от педагога способности эффективно применять интерактивные приложения и адаптивные обучающие системы [6]. Эти инструменты позволяют реализовать еще одну ключевую тенденцию – персонализацию обучения, при которой преподаватель трансформируется из простого транслятора знаний в тьютора и навигатора, выстраивающего индивидуальные образовательные траектории с учетом когнитивных стилей и темпа каждого ученика [8].

Одновременно с этим усиливается роль междисциплинарного подхода: синтез лингвистики с культурологией, историей, философией и социологией помогает будущему специалисту глубоко понимать контекст языка, конструировать увлекательные учебные материалы и компетентно объяснять культурно обусловленные языковые явления.

Кроме того, современные методики делают строгий акцент на развитии коммуникативной компетенции, ориентируя педагогов на обучение реальному живому общению с обязательным учетом социолингвистических норм, этикета и прагматики. Наконец, неотъемлемой частью профессионального развития становится

ся международное сотрудничество, включающее программы академической мобильности и совместные исследования, что позволяет преподавателям синтезировать передовой мировой (в том числе китайский) опыт с отечественной теоретической базой.

Выводы

Формирование профессиональных компетенций у преподавателей китайского языка как иностранного представляет собой многогранную задачу, обусловленную уникальной лингвокультурной природой языка, в частности его смысловозначительной тональной системой, сложностью иероглифики и тесной связью лексики с историческим контекстом. Эффективная подготовка таких специалистов невозможна без глубокой интеграции культурного компонента, поскольку современный педагог должен выступать не только транслятором языковых правил,

но и интерпретатором заложенных в них культурных кодов. Модернизация процесса подготовки преподавателей опирается на несколько ключевых тенденций: активное внедрение интеллектуальных цифровых технологий для персонализации обучения, формирование мощной междисциплинарной базы на стыке лингвистики, философии и культурологии, а также строгий фокус на социопрагматике, международном сотрудничестве и развитии навыков реальной межкультурной коммуникации. В результате преподаватель эволюционирует в комплексного специалиста-культуролога, способного открыть для учащихся мир китайской цивилизации, при этом перспективными направлениями для будущих исследований авторы называют разработку новых моделей подготовки кадров, анализ лучших практик интеграции культуры и изучение эффективности применяемых цифровых инструментов в различных образовательных контекстах.

Литература

1. Бехтева, Н.Н. Особенности китайской языковой картины мира в аспекте обучения китайскому языку как иностранному / Н.Н. Бехтева // Молодой ученый. – 2015. – № 22(102). – С. 751–753.
2. Гафарова, А.Ф. Проблема освоения китайской иероглифической системы письма русскоязычными студентами-носителями алфавитной системы языка / А.Ф. Гафарова, Л.Р. Мирзиева // Казанский вестник молодых ученых. – 2019. – Т. 3. – № 3(11). – С. 15–18.
3. Грушевицкая, Т.Г. Основы межкультурной коммуникации / Т.Г. Грушевицкая, В.Д. Попков, А.П. Садохин. – М. : ЮНИТИ, 2003. – 352 с.
4. Гэн, Ц. Цветовые обозначения в китайской и русской лингвокультурологической традиции / Ц. Гэн // Вестник Мозырского государственного педагогического университета имени И.П. Шамякина. – 2017. – № 2(50). – С. 134–140.
5. Динхуань, Л. Исследование текущей ситуации и перспектив преподавания китайского языка в России / Л. Динхуань // Управление образованием: теория и практика. – 2025. – Т. 15. – № 5-2. – С. 169–182.
6. Калашникова, Ю.Е. Роль искусственного интеллекта в современных подходах к обучению китайскому языку / Ю.Е. Калашникова, К.Г. Мальцева, Н.Г. Цой // Казачество. – 2025. – № 85(4). – С. 180–190.
7. Котельникова, Н.Н. Структурно-грамматические особенности китайских четырехморфемных фразеологизмов «Чэньюй» / Н.Н. Котельникова // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2016. – № 8(112). – С. 160–166.
8. Цой, Н.Г. Интегративный подход и цифровые технологии в подготовке преподавателей на основе сравнительного анализа методик в Китае и России / Н.Г. Цой, О.Д. Федотова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 12(195). – С. 286–294.

References

1. Bekhteva, N.N. Osobennosti kitajskoj yazykovoj kartiny mira v aspekte obucheniya kitajskomu yazyku kak inostrannomu / N.N. Bekhteva // Molodoj uchenij. – 2015. – № 22(102). – S. 751–753.
2. Gafarova, A.F. Problema osvoeniya kitajskoj ieroglificheskoy sistemy pisma russkoyazychnymi studentami-nositelyami alfavitnoj sistemy yazyka / A.F. Gafarova, L.R. Mirzieva // Kazanskij vestnik

molodykh uchenykh. – 2019. – Т. 3. – № 3(11). – С. 15–18.

3. Grushevitskaya, T.G. Osnovy mezhkulturnoj kommunikatsii / T.G. Grushevitskaya, V.D. Popkov, A.P. Sadokhin. – М. : YUNITI, 2003. – 352 s.

4. Gen, TS. TSvetooboznacheniya v kitajskoj i russoj lingvokulturologicheskoj traditsii / TS. Gen // Vestnik Mozyrskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I.P. SHamyakina. – 2017. – № 2(50). – С. 134–140.

5. Dinkhuan, L. Issledovanie tekushchej situatsii i perspektiv prepodavaniya kitajskogo yazyka v Rossii / L. Dinkhuan // Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. – 2025. – Т. 15. – № 5-2. – С. 169–182.

6. Kalashnikova, YU.E. Rol iskusstvennogo intellekta v sovremennykh podkhodakh k obucheniyu kitajskomu yazyku / YU.E. Kalashnikova, K.G. Maltseva, N.G. TSoj // Kazachestvo. – 2025. – № 85(4). – С. 180–190.

7. Kotelnikova, N.N. Strukturno-grammaticheskie osobennosti kitajskikh chetyrehmorfemnykh frazeologizmov «CHenyuj» / N.N. Kotelnikova // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2016. – № 8(112). – С. 160–166.

8. TSoj, N.G. Integrativnij podkhod i tsifrovye tekhnologii v podgotovke prepodavatelej na osnove sravnitel'nogo analiza metodik v Kitae i Rossii / N.G. TSoj, O.D. Fedotova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 12(195). – С. 286–294.

© Н.Г. Цой, И.В. Абакумова, 2026

КОНЦЕРТНЫЙ РЕПЕРТУАР СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛНИТЕЛЯ НА ТУБЕ

ЧЖОУ ЦЗЯВЭНЬ, И.С. КОБОЗЕВА

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»,
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: туба; концертный репертуар; современное исполнительство; авангардные техники; мультифоника.

Аннотация: Статья посвящена эволюции концертного репертуара для тубы и современным вызовам, стоящим перед исполнителями. Рассматривается исторический путь инструмента от оркестровой практики Вагнера до формирования отечественной школы благодаря В. Блажевичу и А. Лебедеву. Особое внимание уделено противоречию между техническим развитием исполнительства и ограниченностью художественного содержания в ранних сочинениях. На примере анализа произведений У. Баксли *Tuba McDifficult* и Е. Анисимовой *Tuba Boom* раскрываются методические аспекты работы над современными техниками. Цель статьи – анализ эволюции концертного репертуара для тубы и выработка методик освоения современных авангардных техник. Для этого решены задачи: провести исторический обзор становления сольного репертуара; выявить противоречия между техникой и художественностью; выполнить анализ проблем интеграции авангарда; продемонстрировать методики на примере конкретных пьес и оценку освещенности темы в китайской науке. В основе работы лежит гипотеза о том, что внедрение новой музыки тормозится из-за отсутствия систематизированных методик, что требует создания специальных педагогических подходов. В процессе использовался комплекс методов: историко-генетический, аналитический, теоретического обобщения, сравнительно-сопоставительный и практико-ориентированного описания. Результаты: было конкретизировано значение отечественной школы (Блажевич, Лебедев), преодолевшей разрыв между виртуозностью и содержательностью. Выявлена современная проблема – неготовность педагогики к освоению авангардного репертуара. Доказана ценность современного репертуара для развития творческого мышления студентов.

Туба представляет собой медный духовой инструмент, произошедший от серпента и офиклеида. Первую тубу *in F* с пятью вентилями создали немецкие мастера, но она оказалась неудобной, а бельгийский мастер Адольф Сакс усовершенствовал ее конструкцию. В оркестре туба впервые прозвучала у Рихарда Вагнера в «Летучем голландце».

Инструмент существует в строях *B*, *C*, *Es* и *F*. Основной оркестровый вариант – туба *in B*, тогда как *Es* и *F* применяются главным образом в духовых оркестрах и как учебные. Туба не является транспонирующим инструментом: ноты записываются в звучащей высоте. Она имеет четыре вентиля, понижающие звук на один, полтона, полтора тона и два с половиной тона соответственно. По звуковым характеристи-

кам туба считается подвижным, но технически ограниченным инструментом: двойной и тройной язык недоступны, трели возможны только вентильные или губные в верхнем регистре. В исполнении важны «особенности фразировки, использование соответствующего ключа и применение сурдин» [1, с. 54]. Основателем российской школы игры на тубе стал Владислав Блажевич – выдающийся тубист, тромбонист и профессор Московской консерватории. Его труды «Школа игры на тубе» и концерты для тромбона сыграли ключевую роль в развитии исполнительской техники духовых: сочинения, основанные на песенно-танцевальном фольклоре, революционных интонациях и городском романсе, стали основой учебного репертуара тромбонистов и тубистов.

В XIX – первой половине XX вв. исполнять сольные произведения для тромбона и тубы было сложно из-за недостатка репертуара, поэтому педагоги создавали собственные сочинения для развития техники и виртуозности; при этом возникло противоречие между ростом исполнительского мастерства и обеднением музыкального содержания. Произведения русского музыканта А.К. Лебедева стали важным этапом в развитии концертного репертуара для тубы. Его Первый концерт для тубы (или бас-тромбона) и фортепиано вошел в золотой фонд исполнительского искусства. Позднее был написан Второй концерт. Полный каталог его сочинений еще не составлен, но уже известно, что они существенно расширили репертуар тубы и бас-тромбона. Алексей Лебедев был разносторонне одарен: играл на нескольких инструментах, руководил духовым оркестром, участвовал в Великой Отечественной войне. В 1949 г. он окончил Московскую консерваторию по классу тубы и тромбона у ученика В. Блажевича – В. Щербинина. Параллельно А.К. Лебедев занимался композицией, однако работа солистом оркестра Большого театра и преподавателем ограничила его время для учебы. Первый концерт он создал еще в студенческие годы, проявив не только виртуозность, но и глубокое художественное мышление: солирующая туба у него не демонстрировала технику, а «говорила» в форме выразительного монолога. Следуя традициям В. Блажевича, «А.К. Лебедев наполнял концертный жанр для тубы и тромбона новым содержанием и оригинальностью» [2, с. 137].

В вузах, готовящих тубистов, система профессиональной подготовки претерпевает изменения, стремясь соответствовать актуальным требованиям и развитию композиторской школы. Современные условия требуют пересмотра педагогических подходов, поиска новых моделей и технологий обучения, способных включать в процесс освоение произведений композиторов-авангардистов. Во второй половине XX в. композиторы начали экспериментировать со звучанием духовых инструментов, включая тубу, создавая произведения с новыми тембрами и техническими приемами. Это отразилось в сочинениях Антуана Тисне (Франция), Клемента Славичко (Чехия), Карлхайнца Штокхаузена (Германия), Эстейна Бодвика (Норвегия), Екатерины Валерьевны Анисимовой (Россия) и других авторов. Их музыка требует от исполнителей знания нестандартной нотации и новых

способов звукоизвлечения, что не всегда охватывается традиционным обучением. Поэтому сегодняшние педагоги вынуждены искать пути освоения этих авангардных техник, чтобы подготовить студентов к исполнению современной музыки. На протяжении XX в. было создано множество способов звукоизвлечения для различных инструментов, однако до сих пор не существует единой систематизированной классификации данных приемов. Это создает трудности при выборе репертуара для студентов музыкальных вузов: педагоги нередко избегают современных авангардных сочинений из-за отсутствия понятных методических материалов. Основные проблемы – отсутствие универсальной системы классификации авангардных техник и слабое развитие просветительской работы по их освоению. При этом включение современной музыки в образовательный процесс важно для расширения кругозора студентов, их технического роста и понимания актуальных мировых тенденций. Авангардные произведения для тубы могут использоваться и как учебный материал, и как концертный репертуар, помогающий исполнителям демонстрировать мастерство. Освоение таких сочинений должно происходить последовательно «с постепенным переходом от простых к более сложным приемам игры» [3, с. 200].

В рамках обсуждения концертного репертуара современного исполнителя на тубе представляется необходимым привести примеры произведений Уэйна Баксли *Tuba McDifficult* и Екатерины Анисимовой *Tuba boom*.

Произведение Уэйна Баксли *Tuba McDifficult* – небольшое по объему и имеет простую трехчастную форму, оно отличается богатством динамических и темповых оттенков. Главный интерес для исполнителя представляет прием мультифонии, при котором одновременно звучат два тона – голосом и инструментом. Для деревянных духовых это естественное явление, однако на медных инструментах оно достигается сочетанием игры и пения. Для освоения приема студент сначала разучивает отдельно инструментальную и вокальную линии, проверяя интервалы на фортепиано. После этого они совмещаются, постепенно переходя от унисона к более широким интервалам, чтобы привыкнуть к координации дыхания и звукоизвлечения. Несмотря на сопротивление инструмента и возможные трудности с интонацией, регулярная практика делает результат устойчивым.

вым и естественным.

В сочинении У. Баксли используется верхняя вокализация, а переход от первой части к средней сопровождается увеличением темпа и усложнением ритма, что требует большей точности при выполнении мультифоники. После освоения нового технического приема преподаватель и студент переходят к созданию целостного художественного образа произведения. Композиция наполнена изменениями темпа, динамики и штрихов, отличается сложными ритмами и требует от исполнителя творческой свободы. Произведение *Tuba McDifficult* сочетает в себе элементы музыки и театра, развивает артистизм, воображение и смелость, что делает его особенно полезным для студентов, начинающих осваивать современный авангардный репертуар для тубы.

Пьеса *Tuba boom* Екатерины Анисимовой – технически сложнее предыдущей и позволяет исполнителю самостоятельно выбрать темп, оптимальный вариант которого – *andante*, когда четверть равна 90–95. Основу произведения составляет ритмическая пульсация с акцентом на сильную долю и украшениями из триолей и мелких длительностей. Композитор вводит новый прием *Lip Beat* – «удар губами», аналогичный слэпу на медных духовых, обозначаемый крестиком в нотах.

Для исполнения этой пьесы студенту необходимо учитывать особенности освоения приемов мультифоники на медных духовых инструментах: исполнителю важно добиться уверенного владения приемом, соединяющим игру на инструменте с одновременным пением. Необходимо постепенно приближать интервал между звучащими нотами, что помогает выработать устойчивость звучания и координацию дыхания. Исполнителем может быть использован прием *Lip Beat*, создающий ударный эффект за счет вибрации губ.

По результатам исследования сделан вывод, что освоение таких современных техник расширяет исполнительские возможности и формирует творческое мышление музыканта.

В современном академическом дискурсе китайской литературы тема концертного репертуара тубиста не выделяется как самостоятельная и узкоспециализированная проблема. Она рассматривается фрагментарно в контексте более широких педагогических и методических исследований системы музыкального образования, преимущественно на примере российского опыта. Так, например, Б. Ван затрагивает проблему репертуара косвенно, через призму ансамблевого исполнительства. Ключевой вывод автора о необходимости постоянного обновления учебного ансамблевого репертуара может быть экстраполирован на сольную практику. Логично предположить, что работа в разнообразных ансамблях, от однородных до смешанных составов, знакомит студента-тубиста с широким пластом камерной музыки, что формирует его музыкальный вкус и косвенно влияет на подход к выбору и интерпретации сольного концертного репертуара [4, с. 21]. М. Ли анализирует системные проблемы высшего образования: устаревание методической базы и федеральных стандартов, напрямую определяющие состояние учебных программ и, как следствие, тот корпус произведений, который осваивает студент [5, с. 459].

И. Хоу вносит важный аспект в понимание подготовки тубиста. Хотя тема репертуара не заявлена, развитие тембрового слуха, особенно в условиях синтеза китайской и европейской традиций, представлено как ключевая профессиональная компетенция [6, с. 115]. Умение воспринимать и создавать сложный тембр напрямую влияет на художественный выбор исполнителя и его способность адекватно интерпретировать музыку разных стилей и эпох, составляя основу для осознанного формирования индивидуального репертуара [7, с. 127]. На этом основании сделан вывод о том, что в рамках изученного китайского академического поля проблема специально не выделяется, а исследуется в русле общих вопросов методики и дидактики исполнительства на духовых инструментах.

Литература

1. Додонова, С.Г. Инструментоведение : учебно-метод. пособие / С.Г. Додонова; Казанский государственный институт культуры. – Казань, 2021. – 162 с.
2. Стрельникова, И.Е. Туба в музыкально-исполнительской и педагогической деятельности / И.Е. Стрельникова // Музыкальная культура, педагогика и образование. – Курск : Курский государственный университет, 2025. – С. 135–139.

3. Никольникова, П.О. Процесс формирования и освоения репертуара композиторов-авангардистов в классе тубы учреждений высшего профессионального образования / П.О. Никольникова, О.А. Блок // Мир науки, культуры, образования. – 2022. – № 5(96). – С. 199–202.
4. Ван, Б. Обучение искусству игры в ансамбле на духовых инструментах: опыт построения экспериментальной модели / Б. Ван // Музыка и время. – 2022. – № 7. – С. 20–24.
5. Ли, М. Современное состояние обучения игре на медных духовых инструментах в российских музыкальных вузах / М. Ли // Гуманитарное пространство. – 2025. – Т. 14. – № 6. – С. 458–464.
6. Хоу, И. Развитие тембрового слуха студентов по классу духовых инструментов в вузах Китая / И. Хоу, З.А. Касаткина // Научное мнение. – 2024. – № 11. – С. 113–119.
7. Чжоу, Ц. Деятельность китайских композиторов в развитии традиций исполнительства на тубе / Ц. Чжоу, И.С. Кобозева // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2025. – № 9(174). – С. 126–130.

References

1. Dodonova, S.G. Instrumentovedenie : uchebno-metod. posobie / S.G. Dodonova; Kazanskij gosudarstvennij institut kultury. – Kazan, 2021. – 162 s.
2. Strelnikova, I.E. Tuba v muzykalno-ispolnitelskoj i pedagogicheskoj deyatel'nosti / I.E. Strelnikova // Muzykal'naya kultura, pedagogika i obrazovanie. – Kursk : Kurskij gosudarstvennij universitet, 2025. – S. 135–139.
3. Nikolnikova, P.O. Protse'ss formirovaniya i osvoeniya repertuara kompozitorov-avangardistov v klasse tuby uchrezhdenij vy's'shego professional'nogo obrazovaniya / P.O. Nikolnikova, O.A. Blok // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2022. – № 5(96). – S. 199–202.
4. Van, B. Obuchenie iskusstvu igry v ansamble na dukhovykh instrumentakh: opyt postroeniya eksperimentalnoj modeli / B. Van // Muzyka i vremya. – 2022. – № 7. – S. 20–24.
5. Li, M. Sovremennoe sostoyanie obucheniya igre na mednykh dukhovykh instrumentakh v rossijskikh muzykalnykh vuzakh / M. Li // Gumanitarnoe prostranstvo. – 2025. – T. 14. – № 6. – S. 458–464.
6. KHou, I. Razvitie tembrovogo slukha studentov po klassu dukhovykh instrumentov v vuzakh Kitaya / I. KHou, Z.A. Kasatkina // Nauchnoe mnenie. – 2024. – № 11. – S. 113–119.
7. CHzhou, TS. Deyatel'nost kitaj'skikh kompozitorov v razvitii traditsij ispolnitel'stva na tube / TS. CHzhou, I.S. Kobozeva // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2025. – № 9(174). – S. 126–130.

© Чжоу Цзявэнь, И.С. Кобозева, 2026

АННОТАЦИИ

Abstracts

Implementation of an Integrated Platform for Automation, Management, and Task Execution Control

D.Zh. Ashimov¹, N.B. Teslya², I.D. Koldunova²

¹ *Federal Service of the National Guard Troops of the Russian Federation, Moscow;*

² *Siberian University of Consumer Cooperatives, Novosibirsk*

Key words and phrases: information system; integrated platform; task execution control; management decisions.

Abstract: The objective of this study is to develop an integrated platform for effectively distributing tasks, monitoring their execution, and providing information support for management decisions. The methods and technologies used are those used for building an effective information system. The authors defined a development technology stack based on proven solutions and developed a conceptual database schema. The research hypothesis is to create a tool that increases the transparency of task management, minimizes the influence of human error, and provides centralized access to up-to-date information. The result of this study is the “Executive Activity Monitoring” web application, which has been put into operation.

Experimental Evaluation of the Effectiveness of Hybrid Algorithms for Planning and Position-Trajectory Control of UAVs under Uncertainty Conditions

M.I. Beskhmel'nov

MIREA – Russian Technological University, Moscow

Key words and phrases: UAV; trajectory planning; swarm intelligence; hybrid algorithm; uncertainty; numerical modeling; situational planning.

Abstract: This article presents the results of the development and experimental testing of a UAV control software module in the form of a web application with 3D visualization and telemetry. The goal of the study is to improve the efficiency of UAV control and trajectory construction in uncertain environments. To achieve this, a hypothesis is proposed that a hybrid swarm planner with dynamic correction will provide an advantage over existing methods. Testing this hypothesis required solving the following tasks: algorithm development, their software implementation, modeling in Unity and AirSim on three scenes with obstacles and 2D benchmarks, and comparative analysis with 12 methods. The methods included experimental testing and evaluation according to four criteria: safety, trajectory length, mission completion time, and mission success.

The results confirmed the effectiveness of the approach: an improvement in the integrated quality indicator by 10–26 %; the module architecture with 3D visualization and real-time telemetry is described. The developed software module has a modular architecture, allowing it to be adapted to various UAV types and application scenarios. The results obtained provide a basis for further research into the implementation of the developed algorithms in real-world UAV control systems.

Synthesis of an Algorithm to Compensate the Dynamic Error of Intelligent Pressure Sensors Using a Neural Network Model

Vu Tri Chien, Nguyen Minh Tuong
MIREA – Russian Technological University, Moscow

Key words and phrases: intelligent pressure sensor; dynamic error; compensation; algorithm; neural network model; identification; inverse dynamic model.

Abstract: The relevance of this study stems from increasing demands on the accuracy and response time of intelligent pressure sensors in automatic process control systems, where dynamic error is becoming a critical factor. Existing compensation methods based on linear models are often inadequate for the complex nonlinear and temperature-dependent dynamic characteristics of primary transducers. The aim of this study is to develop and evaluate a dynamic error compensation algorithm, the core of which is a feedforward artificial neural network. The study utilized dynamic system identification methods, artificial neural network theory, and statistical accuracy assessment methods. The primary result is a synthesized adaptive algorithm in which a neural network model, trained on experimental data, implements an inverse dynamic model of the sensing element. The key conclusion is that the proposed approach significantly suppresses dynamic error across the operating frequency range and under changing external conditions. This is confirmed by numerical simulation results, which showed a 68–72 % reduction in the output signal's root-mean-square error compared to a sensor without compensation. The practical significance of the algorithm lies in its software implementation in the smart sensor's microcontroller, which improves metrological performance without changing the primary transducer's design.

From Wi-Fi to Mental Health: A Decision-Making Framework for Early Depression Detection

D.S. Zheriborov, A.S. Burnasov
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg

Key words and phrases: Wi-Fi metadata; depression; MobileWell400+; LDA; CatBoost; SMOTE.

Abstract: The aim of the study was to evaluate the potential of Wi-Fi metadata for depression detection using machine learning methods. The study addressed the problem of binary classification of participants based on the MobileWell400+ dataset. The research hypothesis was that Wi-Fi connection patterns reflect behavioral changes associated with depression. Twenty-three behavioral features were extracted from connection logs for time intervals of 7, 14, and 21 days. Linear discriminant analysis and gradient boosting were used for classification. CatBoost with class balancing using the SMOTE method, as well as linear discriminant analysis (LDA), were used. The results confirmed the presence of a predictive signal: optimal performance was achieved over a 7-day interval (AUC-ROC 0.564 for CatBoost, recall 0.524 for LDA). Behavioral regularity indicators proved to be the most informative. A decrease in model quality over longer intervals indicates the sensitivity of behavioral markers. The study demonstrates the fundamental feasibility of using Wi-Fi metadata for depression screening and its potential for decision support systems.

Forming Individual Learning Paths Considering the Risk of Plagiarism: Application of Graph Theory and Recommendation Algorithms

K.S. Krez, V.Yu. Filipenko
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk (Belarus)

Key words and phrases: individual learning paths; graph theory; recommendation algorithms; plagiarism; cosine similarity.

Abstract: The aim of this study is to develop a method for generating individual learning paths that take into account the likelihood of plagiarism. The objectives are to represent resources and tasks as a weighted semantic graph, determine a plagiarism risk indicator, and integrate it into recommendation ranking. The hypothesis suggests that penalizing high-risk connections reduces path matching and maintains academic integrity without losing relevance. Methods include text vectorization, cosine similarity, graph ranking, and diversification. Results show an increase in path variability and a decrease in the proportion of recommendations with high semantic density.

An Algorithm for Quantitative Analysis of Cone-Beam Tomograms for Automated Verification of Odontogenic Maxillary Sinusitis

*N.S. Kuznetsova, Ahmed Youssef Fouad Mahmoud, Ali Mokhtar Said Omar Abdelhalim,
Sara Abdelmagid Ibrahim Mohamed Khalil
Bashkir State Medical University, Ufa*

Key words and phrases: cone beam computed tomography; odontogenic maxillary sinusitis; GLCM texture analysis; automated diagnostics; image processing algorithm; machine learning.

Abstract: The aim is to develop and evaluate a quantitative analysis algorithm for cone beam computed tomography (CBCT) for automated verification of odontogenic maxillary sinusitis. The tasks included DICOM preprocessing, sinus segmentation, GLCM feature extraction, and construction of an interpretable classifier. The hypothesis suggests that textural parameters of soft tissue content on CBCT differ in odontogenic and non-odontogenic etiologies. Methods included adaptive threshold segmentation, GLCM metric calculation, decision tree, 5-fold cross-validation ($n = 78$). Results achieved: accuracy 87.2 %, sensitivity 89.4%, specificity 84.6 %; significant differences in contrast, correlation, and IDM were revealed ($p < 0.05$).

Design and Implementation of a Client-Server Architecture for a Web Application for Interactive 3D Tours Based on WebGL and Node.js Technologies

*G.A. Orlov, E.A. Skornyakova, O.I. Glazunova
Baltic State Technical University "VOENMEKH" named after D.F. Ustinov, St. Petersburg*

Key words and phrases: WebGL; Three.js; Node.js; client-server architecture; virtual tour; raycasting; 3D visualization; JSON; functional testing; usability.

Abstract: The aim of the study is to justify and implement a client-server architecture of a web application for interactive 3D tours for the exhibition and educational complex of the Belarusian State Technical University "VOENMEKH". The objectives are to analyze analogs, determine requirements, design components, implement visualization and interaction, and conduct testing. The hypothesis assumes that the combination of WebGL / Three.js on the client and Node.js / Express on the server with scene metadata stored in JSON provides sufficient performance and convenience without heavy SPA frameworks. Methods include a comparative analysis, design, prototyping, functional testing, and "stream of consciousness". The results are as follows: a prototype with pipelined loading of panoramas and raycasting was created; no critical defects were found, 88 % of scenarios were executed in no more than 3 minutes.

The Influence of Anthropogenic Factors on the Accuracy of Flood Forecasting Using Neural Networks

N.A. Ostroukhov, S.N. Efimov

*Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk*

Key words and phrases: anthropogenic factors; hydrological modeling; artificial neural networks; flood forecasting; remote sensing; urbanization.

Abstract: The aim of this study is to improve the accuracy of flood forecasting by taking into account the anthropogenic impact on hydrological processes. The objectives of the study include analyzing the influence of urbanization, landscape changes, and engineering infrastructure on the formation of the hydrological regime, generating a set of input parameters based on Earth remote sensing data, hydrometeorological observations, and municipal statistics, and developing an approach to integrating these data into a neural network forecasting model. The study hypothesis is that taking anthropogenic factors into account improves the accuracy and robustness of flood forecasting models compared to models based solely on natural parameters. The research methods include the analysis of hydrometeorological and spatial data, their preprocessing and normalization, the use of machine learning methods and artificial neural networks to identify nonlinear relationships between factors, and model calibration on historical data. The results of the study show that the integration of anthropogenic parameters and heterogeneous data sources improves the stability and accuracy of predictive models, which can be effectively used in territorial development planning, flood risk management, improving natural disaster monitoring systems, and in intelligent flood early warning systems.

Development of an Optimal Method to Control the Takeoff of Aircraft

A.D. Pripadchev¹, A.V. Nikitenko¹, A.A. Gorbunov², A.G. Magdin²

*¹ Military Educational and Scientific Navy Center "Naval Academy
named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov", St. Petersburg;*

² Orenburg State University, Orenburg

Key words and phrases: vertical takeoff and landing aircraft; simulation modeling; noise level.

Abstract: The proposed method aims to address issues related to the efficiency, safety, and regularity of air traffic. The objective is to limit noise levels generated at aircraft takeoff and landing sites. The research hypothesis is the use of low-noise engines during the aircraft design stage. One approach to addressing this issue is to select a rational piloting technique for takeoff and landing and optimal control. The proposed gradient-based method is based on a formalized description of design procedures and the use of modern modeling and engineering analysis techniques.

Architecture of a Computational Pipeline for Passive Screening of Color Vision Deficiencies Based on Oculographic Metrics and Machine Learning Algorithms in a Consumer Device Environment

S.M. Santalov

G.V. Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Key words and phrases: computational pipeline; passive diagnostics; color vision deficiency; oculographic metrics; machine learning; consumer devices; classification.

Abstract: The aim of this study was to develop a compact architecture for passive color vision deficiency screening on consumer devices. The objectives included selecting oculographic data collection channels, generating a feature space, constructing a classifier, and constructing a results interpretation framework. The hypothesis was that a combination of oculographic metrics and machine

learning methods would enable detection of color vision deficiency risk without specialized equipment. A systematic literature review, comparative design of pipeline modules, feature formalization, and simulation evaluation of the XGBoost model were used. As a result, a four-block pipeline was proposed, key features, threshold routing logic, and an achievable AUC range of 0.89–0.94 were identified.

Designing an IoT Infrastructure to Monitor Air Quality in Urban Agglomerations Using LoRaWAN and MQTT Protocols (Using the example of Conakry, Republic of Guinea)

Sou Amadou Diouldé
Herzen Russian State Pedagogical University, St. Petersburg

Key words and phrases: IoT monitoring; air quality; LoRaWAN4 MQTT; sensor network; AQI; urban agglomeration; Conakry.

Abstract: The objective of this study is to develop an IoT air quality monitoring architecture for the Conakry metropolitan area. The objectives include determining the sensor node composition, transmission parameters, server processing, and deployment scheme. The hypothesis is that a combination of LoRaWAN and MQTT will ensure robust and cost-effective monitoring in the presence of weak telecommunications infrastructure. Comparative analysis, system design, radio coverage and power consumption modeling, and AQI calculation were used. The results include a three-tier architecture, packet structure, data processing algorithm, and justification for coverage by a 12-gateway network.

Inference Pipeline Architecture Transformer Models: Methods for Memory Optimization, Weight Compression, and Hardware-Oriented Acceleration

K.A. Terekhin, N.A. Bychkova
Moscow State Technological University "STANKIN", Moscow

Key words and phrases: inference transformers; weight quantization; KV cache; FlashAttention; PagedAttention; speculative decoding; GPU memory optimization.

Abstract: The aim of the study is to form a compact model of the inference pipeline Transformer models and identify the most effective techniques for accelerating autoregressive decoding. The objectives are to decompose prefill/decode, estimate weight and KV cache traffic, and compare quantization, attention optimization, and memory management approaches. The hypothesis suggests that the combination of weight quantization, IO-efficient attention, and KV cache paging yields multiplicative gains with an acceptable loss of quality. Methods included analytical modeling and comparative review of publications. The results are as follows: a functional diagram and recommendations are proposed that reduce VRAM by 2–3 times and increase throughput by 2–4 times.

JSON Web Infrastructure Token. Implementation of the Main Types of Attacks

D.T. Khvalko
Witte Moscow University, Moscow

Key words and phrases: GARCH; data processing pipeline; volatility modeling; software architecture; Python; backtesting; VaR; Monte Carlo; time series.

Abstract: The aim of the study is to develop a compact model of the JSON Web infrastructure Token and identify which implementation errors make the system vulnerable. The objectives included describing the token lifecycle, building a testbed, reproducing typical attacks, and evaluating protective measures. The hypothesis was that critical risks arise not from the JWT format, but from signature, key,

and claims verification errors. RFC analysis, threat modeling, an experimental Python implementation, and load testing were used. The results reproduced the main attacks on JWT and demonstrated that algorithm whitelisting, key rotation, and strict validation claims block compromise.

Architecture and Software Implementation of an Educational AI Assistant Based on the RAG Pipeline for the Subject Area of Robotic Systems Control

*F.M. Tseeva, Kh.M. Senov, A.M. Bozieva, M.M. Shogenova, A.V. Tseev
Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik*

Key words and phrases: RAG pipeline; educational AI assistant; large language models; robotics; Telegram bot; vector search; LangChain; aiogram; ChromaDB; YandexGPT.

Abstract: The aim of the study is to develop and evaluate an educational AI assistant to control robotic systems based on RAG. The objectives are to create a corpus of educational materials, implement vector indexing and query processing with intent classification, integrate the Telegram interface, and conduct a pedagogical experiment. The hypothesis suggests that generation with extraction of relevant context reduces hallucinations and improves academic performance with a reduced teacher workload. Methods: RAG pipeline (ChromaDB, embeddings, LangChain, YandexGPT), logistic regression for intents, comparative analysis of platforms, and pilot implementation. The results are as follows: the average exam score increased by 13 %, the retake rate decreased by 56 %, and requests to the teacher decreased by 83 %. Ultimately, it is shown that the RAG-oriented architecture of the educational AI assistant is applicable to disciplines with high terminological density and formalized material. The practical contribution of the work consists in the description of a reproducible pipeline “corpus – indexing – extraction – generation – evaluation”, in the empirical selection of chunking parameters for robotics topics and in confirming the educational effect while maintaining the leading role of the teacher.

Architecture of a Multi-Level Anomaly Detection System in Industrial Internet of Things Telemetry Streams Based on a Combined Statistical-Neural Network Approach

*F.M. Tseeva
Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik*

Key words and phrases: anomaly detection; industrial internet of things; multi-layer architecture; LSTM neural networks; streaming data processing; predictive monitoring.

Abstract: The study aims to develop a multi-layered architecture for detecting anomalies in Industrial Internet of Things (IIoT) telemetry streams while reducing latency and network load. The objectives are to distributing processing stages between edge, fog, and cloud, select filtering, statistical selection, and neural network classification algorithms, and evaluate performance on benchmark data. The hypothesis suggests that the combination of EMA, adaptive Z-detector, and LSTM preserves quality while offloading some computations to the source. Methods included stream preprocessing, statistical analysis, and LSTM training on UNSW-NB15. The results are as follows: F1 = 0.94 and a 62 % reduction in cloud transfer volume. Outcomes: proactive monitoring of the identified activities.

Optimization of the Architecture of the UNet Neural Network System for High-Precision Segmentation of Medical Images with Limited Labeling and Computing Resources

*Zhou Zihao, Tian Jiahuan, Ren Mingtao
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

Key words and phrases: semantic segmentation; UNet; depthwise separable convolutions;

knowledge distillation; semi-supervised learning; medical images.

Abstract: The aim of this study was to develop a compact modification of UNet for medical image segmentation under labeling conditions and with limited resources. The objectives included parameter reduction, maintaining accuracy with 10–20 % labeled data, and validating two-phase learning. The hypothesis was that depthwise separable convolutions, lightweight attention, semi-supervised learning, and distillation compensate for model reduction. A comparative experiment, ablation analysis, and Dice and HD95 metrics were used. As a result, the parameters were reduced by a factor of 6.8, FLOPs by a factor of 7.2, and the Dice lag behind the teacher did not exceed 1.1 percentage points.

Development of Algorithms to Improve the Efficiency of Operation and Maintenance of Outdoor Lighting Networks

*V.S. Chernikov, M.V. Lifirenko
Belgorod State National Research University, Belgorod*

Key words and phrases: outdoor lighting; lighting control systems; predictive maintenance; operation of engineering systems; technical condition of equipment; analysis of operational data; monitoring; urban infrastructure.

Abstract: This article aims to improve the efficiency of the operation and maintenance of outdoor lighting networks by moving from reactive and routine approaches to predictive equipment condition assessment. The research hypothesis is that even with a heterogeneous equipment composition, incomplete automation, and limited telemetry data, it is possible to construct a reliable failure risk assessment based on a combined analysis of available historical and current data.

To achieve this goal, the following tasks were completed: analyzing the specifics of the outdoor lighting infrastructure; developing a predictive condition assessment method that does not require the implementation of additional sensors or complex machine learning algorithms; generating an aggregated equipment condition indicator that integrates accumulated failure patterns and current operating mode deviations; and prioritizing maintenance based on failure risk prediction.

The methodological basis is a combined analysis of historical operating data and current parameters received from existing lighting control systems. An aggregated condition metric is proposed as a key tool, enabling quantitative assessment of equipment degradation and failure prediction.

The results demonstrate that the proposed approach improves the operational reliability of outdoor lighting networks, reduces the incidence of emergency repairs, and more evenly distributes operating costs. The methodology is applicable to both large cities and small towns and represents a practical step in the transition from reactive maintenance to predictive analytics.

Innovative Approaches to Production Management

*E.R. Zhdanov, O.S. Gridneva, T.L. Mironova, O.G. Grokhotova
MIREA – Russian Technological University, Moscow*

Key words and phrases: automated production management systems; digital transformation; information technology; competitiveness; integration; standardization; production efficiency; industrial enterprises; development strategy; information space; innovative technologies; Industry 4.0.

Abstract: This article explores automated production control systems (APCS) as a tool for enhancing the competitiveness of industrial enterprises in the context of rapidly evolving information technologies. The structure and operation of APCS are examined, the factors determining the success of their implementation are analyzed, and ways to overcome emerging challenges are identified. Examples of domestic and international experience in implementing APCS are provided, demonstrating their positive impact on the efficiency and quality of production processes.

The study focuses on issues of integration, standardization, and compatibility of technical and

software components, emphasizing the importance of proper project preparation and support. This research is relevant given the increasing competition and growing demands on information technology in the industry.

Reward Function Optimization in Reinforcement Learning to Improve the Robustness of Local Navigation of a Mobile Robot Based on 2D Lidar Data

D.Yu. Krivonogov¹, I.A. Chistyakov¹, S.A. Vorotnikov²
¹ *National University of Science and Technology "MISIS";*
² *Bauman Moscow State Technical University, Moscow*

Key words and phrases: reinforcement learning; local navigation; simulation; reward function; Proximal Policy Optimization; 2D lidar.

Abstract: This article examines the problem of autonomous navigation of mobile robots in industrial warehouses without the use of pre-built maps. The chosen solution is an approach based on reinforcement learning (RL); however, standard methods for generating a reward function often lead to slow convergence and a large number of collisions. The goal of this study is to develop a method for modifying the reward function for the Proximal algorithm. Proximal Policy Optimization (PPO), aimed at increasing the robustness of control under partial observability of the environment.

The research objectives included analyzing the shortcomings of standard sparse reward functions, developing a composite function with continuous components, and comparatively evaluating its performance in simulation. The research hypothesis was that introducing a continuous progress signal and a preventive penalty for approaching obstacles would accelerate training convergence and reduce the collision rate compared to the baseline approach. Methods: An approach to reward function generation was proposed, including a reward for decreasing the distance to the target, a dynamic penalty based on 2D lidar data, and a penalty for steering sharpness. Experiments were conducted in the NVIDIA Isaac simulation environment. Sim on the ANYmal C platform.

The research findings confirmed that the proposed modification reduces the collision rate from 20 % to 7 % and ensures stable convergence without the degradation in the late stages of training characteristic of the basic approach.

Design of a Hardware and Software System to Manage the Charging Infrastructure of an Electric Bus Fleet: Protocols, Converter Topologies, and State-of-Charge Optimization Algorithms

A.A. Ruzhennikov, D.A. Skorobogatchenko, V.D. Zhokhov
Volgograd State Technical University, Volgograd

Key words and phrases: charging infrastructure; electric bus; OCPP protocol; power converter; DC/DC converter; state of charge; charging schedule optimization; lithium-titanate battery.

Abstract: The objective of this study is to validate the design of a hardware and software system for managing the charging infrastructure of an electric bus fleet. The objectives include developing a multi-tier architecture, selecting rational topologies for AC/DC and DC/DC converters, and defining a centralized charging scheduling model. The hypothesis is that the combination of OCPP 2.0.1 and optimization power distribution models improves load controllability without reducing fleet availability. The methods include a comparative analysis of power electronics solutions, constraint formalization, and the development of a WebSocket communication prototype. Recommendations are provided for the architecture, topologies, and scheduling algorithm, taking into account substation limits and the state of charge.

Numerical Modeling of the Stress-Strain State of an Orthotropic Cylindrical Structure Given the Influence of a Liquid Medium

O.V. Andryushchenko, I.M. Anokhina

Yandex LLC, Moscow;

A.F. Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg

Key words and phrases: orthotropic cylindrical structure; composite materials; fluid diffusion; fluid concentration; stress-strain state; equilibrium equations in displacements; internal and external pressure; radial displacements; radial stresses; difference method; establishment method; fractional step method; splitting scheme; Crank-Nicolson scheme.

Abstract: The aim of this work is to develop a mathematical model for calculating the stress-strain state of an orthotropic cylindrical structure under the combined action of pressure and a fluid medium. The problem is formulated in terms of displacements, taking into account the diffusion field of concentration. A steady-state solution is obtained using the pseudotime method, and the fractional step method is employed for numerical implementation. An implicit difference splitting scheme is constructed, ensuring computational stability and second-order accuracy with respect to spatial variables. Calculations are performed demonstrating the influence of the concentration distribution on radial displacements and stress redistribution across the pipe thickness.

Analysis of Viscosity Stratification and Dynamic Effects in Power-Law Fluid Flow with Localized Particle Injection

T.A. La, L.A. Uvarova

Moscow State Technological University "STANKIN", Moscow

Key words and phrases: non-Newtonian fluid; stream function – vortex; insoluble particles; mixture viscosity; power law.

Abstract: This paper presents a comprehensive numerical analysis of the hydrodynamics and mixing processes under localized injection of solid particles into a non-Newtonian fluid flow obeying a power law. Mathematical modeling of the multiphase flow is performed within an axisymmetric formulation based on a system of equations in streamfunction-vortex variables. The rheological behavior of the medium is described by a combination of the Ostwald-de-Wille model and Einstein's formula for accounting for the dependence of the effective viscosity on the dispersed phase concentration. Integration of the equations is implemented using the finite difference method using an implicit alternating direction (ADI) scheme and approximation of convective terms upstream. It is established that, despite the weak influence of particles on the average velocity profile at low concentrations ($C < 0.1$), the process is accompanied by significant local dynamic perturbations. Specifically, a distinct recirculation zone forms behind the injection slit, acting as a hydrodynamic trap and preventing the transfer of impurities into the flow core, which is particularly characteristic of pseudoplastic fluids. A key result of the study is the discovery of nonlinear viscosity stratification – the formation of localized layers with sharp gradients arising from the competition between shear thinning and a localized increase in particle concentration. These highly viscous layers have been shown to suppress radial mass transfer, leading to a significant increase in the length of the homogenization region and, in combination with vortex structures, to a localized increase in shear stresses on the wall. The obtained data demonstrate the fundamental limitations of one-dimensional approaches and are crucial for the correct design of energy-efficient mixing devices and piping systems.

The Influence of Annular Channel Parameters on the Dynamics of Shock Wave Propagation

*A.A. Snazin, V.I. Shevchenko, V.M. Lizan
A.F. Mozhaitsky Military Space Academy, St. Petersburg*

Key words and phrases: numerical simulation; detonation; diffraction; gas mixture.

Abstract: Modern numerical modeling methods provide a detailed analysis of shock wave propagation in annular channels. The aim of this study was to identify the influence of the geometric ratio R/d on the front structure and velocity characteristics of a shock wave. The objectives included studying three channel configurations ($R/d = 3.6; 2.6; 2.0$), assessing the stability of the regime, and analyzing the velocity distribution along the inner and outer walls. The hypothesis was that geometry plays a decisive role in shaping the profile and velocity asymmetry. Numerical modeling based on the Navier – Stokes equations with the $k-\omega$ SST model revealed an increase in velocity differences of up to 28 % with decreasing R/d and confirmed the stability of propagation in all cases.

Ray Fluid Visualization Marching with Caustics Generated Using a Scalar Density Field

*B.V. Tyulkin, V.M. Grishkin
Saint Petersburg State University, St. Petersburg*

Key words and phrases: Ray marching; physically based rendering; optical model; Fresnel equations; caustics; scalar field; GPU; real-time.

Abstract: The aim of this work is to develop a method for real-time visualization of liquids based on the interpretation of a three-dimensional scalar density field as an optical medium. It is assumed that the use of a single iso-surface for screen tracing and caustics generation ensures consistency of visualization regardless of the field acquisition method. The method is based on volume tracing (ray marching), gradient normal calculation, refraction and reflection modeling using Snell and Fresnel's laws, and volume absorption accounting using the Beer-Lambert-Bouguer law. Caustics are generated by parallel ray tracing on the GPU with double refraction and energy sharing. The result is a universal approach that is not tied to a specific fluid simulation method and ensures interactive performance while accurately reproducing optical effects.

Study of the Energy Potential of Fluid Wells for Heating Systems

*S.V. Nesterenko, V.M. Fokin, V.V. Fedorov
Volgogradnefteproekt LLC;
Volgograd State Technical University, Volgograd*

Key words and phrases: heat exchange; fluid well; heating system; thermophysical parameters.

Abstract: The purpose of this article is to study the influence of heat transfer and the thermophysical parameters of fluid heat transfer fluids on the operation of thermal power heating systems, as well as the energy potential of wells depending on pressure, temperature, and well depth. The objective was to obtain a functional dependence of the dynamic fluid temperature at the wellhead of a production well, taking into account the reservoir temperature of the fluid well, the depth of the fluid well, the daily fluid flow rate, and the duration of the fluid well's operation. The study hypothesis is that it is possible to utilize the energy potential of fluid wells for thermal power heating systems and achieve the economic efficiency of fluid wells. The article uses mathematical experimentation and modeling methods. Thanks to the results achieved through mathematical experimentation, functional dependences of the dynamic fluid temperature at the wellhead were obtained for the first time, taking into account the reservoir temperature, depth, daily flow rate, and the duration of the well's operation. Also, for the first time, the assessment of the energy potential of fluid wells for thermal power heating systems was carried out.

**Architectural Elements of Modern Embankments:
A Consideration of Examples from the Perspective of the Role of Embankments as Urban Spaces**

E.S. Shafray

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: urban embankments; architectural elements of space; perception of space; environmental psychology in architecture; aesthetic and visual qualities of space; comfort; year-round use.

Abstract: The article examines architectural and compositional techniques for the spatial organization of embankments, which contribute to increasing the attractiveness of embankments in the system of a comfortable urban environment. At the same time, it is necessary to take into account climatic conditions and the possibilities of year-round use of embankments. The article focuses on the following approaches to the organization of public and pedestrian spaces of embankments: visual comfort, creation of a comfortable environment, multifunctionality of space use, creation of harmony in the perception of space, creation of scenarios for visiting the embankment, aesthetic properties of space and adaptability of space use. The architectural elements of embankments are considered. It is proposed to conditionally divide the architectural techniques into three groups: 1) to achieve aesthetic and visual qualities of space, reflecting culture and history; 2) to create comfort and safety; 3) to create scenarios for visiting the embankments.

The scientific hypothesis presented in the article is formulated as follows: a comprehensive, harmonious, and balanced use of architectural techniques is necessary to achieve the attractiveness of embankments as urban public spaces, taking into account their year-round use. The article examines several examples of urban embankments in various cities across the country. In many cities, embankments are an important component of the city's image, visited by residents and visitors alike and serving as venues for cultural events.

In conclusion, it is noted that further study of the architectural organization of embankments in various climatic conditions, taking into account the possibilities of their year-round use, is an interesting and relevant direction.

**A study of Factors Influencing the Design of Engineering Systems in High-Rise Buildings
at All Stages of the Facility's Life Cycle**

M.Kh. Abas, P.P. Oleynik

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: high-rise buildings; construction supervision; engineering systems; installation works; quality control.

Abstract: The construction and operation of high-rise buildings is a complex, multi-stage process, in which the design of engineering systems is determined by a combination of organizational, technical, technological, and management factors. The rational design of engineering systems depends largely on conditions that arise at various stages of the building's life cycle – from pre-design preparation to operation. The aim of the study is to identify and systematize the factors influencing the design of engineering systems of high-rise buildings at various stages of their life cycle, as well as to determine the degree of their significance and the nature of their impact. The scientific and technical hypothesis of the study is that an increase in the efficiency and reliability of engineering systems can be ensured by timely identification of negative factors arising at each stage of the life cycle, their comprehensive assessment and the development of proactive organizational and technical measures. The study is based on a systems approach that involves early analysis and consistent regulation of factors influencing the design of engineering systems, which ensures their rational development and sustainable operation in high-rise construction.

Features of the Implementation of Digital Operation Based on a Digital Information Model

A.V. Solovyova, S.S. Fedorov
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: digital operation; digital information model (**DIM**); capital construction project; automation; construction; operation; information modeling; analysis; BIM technologies; DIM elements.

Abstract: The aim of the study is to analyze the feasibility of using digital information models in the implementation of an automated control and operation system in domestic software. The objectives include defining requirements for a digital information model (**DIM**) to be integrated into an automated control and operation system; establishing the optimal volume of data imported from a digital information model. The research results can be used to expand the implementation of an automated control and operation system in domestic software based on a digital information model. Research methods included an integrated approach combining theoretical analysis and data systematization. The study resulted in conclusions regarding the relevance and benefits of expanding the use of DIM in the implementation of digital operation.

Development of a Concept for the Implementation of an Automated Operation Management System at Novosibirsk State University

E.O. Cherepanova, S.S. Fedorov, K.A. Aktashev
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: operational management system; digital information model; government information systems; information modeling technologies; information and analytical system; capital construction project; automation.

Abstract: The aim of this study is to develop a concept for a comprehensive automated solution for campus operations management at Novosibirsk State University. The objectives are to create a target architecture and identify effective processes for the Novosibirsk State University campus. The research results to scale up best practices at facilities of the Russian Ministry of Education and Science. Research methods included data analysis, collection, and systematization. The study resulted in the development of an optimal comprehensive solution for maintaining the engineering and technical infrastructure of a multifunctional campus.

Analysis of Existing Portfolio Management Systems and Automatic Text Recognition Tools

A.G. Gerasimova
Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary

Key words and phrases: digital portfolio; competency-based approach; computer vision; OCR; digitalization of education; assessment automation; educational achievements.

Abstract: This article examines the theoretical, methodological, and technological aspects of developing a digital portfolio of student achievements in the context of the digitalization of higher education. The role of a digital portfolio as a tool for cumulative and evidence-based assessment of student development is substantiated. The aim of this study is to assess the professional and universal competencies of students within the framework of a competency-based approach. The aim of this study is to analyze the main challenges encountered in manually completing and verifying documents confirming student achievements, as well as to identify the limitations of traditional portfolio management systems. Particular attention is paid to the potential of using computer vision technologies, including optical character recognition, document visual feature analysis, and automatic image

classification, for automated portfolio creation and structuring. A comparative analysis of existing digital portfolio management systems and intelligent document recognition tools is presented. The study concludes that integrating computer vision technologies into digital educational environments is beneficial to improve the objectivity, reliability, and analytical value of student assessments.

The Impact of Physical Activity on Children's Health and Development: The Foundation of the Nation's Future

*M.E. Germogenov, G.N. Shergin, M.I. Sentizova
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

Key words and phrases: physical activity; children's health; development; education; nation.

Abstract: The relevance of the study is determined by the global physical inactivity among children, which threatens the health of the nation. The aim of the work is to study the theoretical and empirical substantiation of the influence of physical activity on the somatic, psychological and cognitive development of children. The objectives include the analysis of theoretical approaches to physical education; development of a diagnostic program; empirical verification of differences in health indicators, self-esteem and academic performance in children with different activity levels. Hypothesis: regular (≥ 3 times a week) exercise systematically improves anthropometric, physiological parameters, cognitive functions and socio-psychological status. Methods included theoretical analysis, pedagogical experiment ($n = 200$, 6–12 years old, control and experimental groups), instrumental diagnostics (fitness trackers, medical examination), psychometric testing (Dembo-Rubinstein scale, stress questionnaire). The results confirmed the hypothesis: the experimental group showed improved physiological indicators (reduced BMI, normalized lipid profile), increased self-esteem (+18 %), and increased academic performance (+15 %). It is concluded that cultivating a culture of physical activity in childhood is a fundamental condition for the development of a healthy nation.

The Impact of Adaptive Physical Education on Students' Cognitive Abilities: An Empirical Aspect

*S.M. Gozgesheva, S.N. Bashkirova, Sh.A. Imnaev
Pyatigorsk State University, Pyatigorsk*

Key words and phrases: adaptive physical education; cognitive abilities; students; correlation of relationships; pedagogical tools.

Abstract: This article presents the results obtained in pursuit of the goal of conducting an empirical assessment of the impact of adaptive physical education on students' cognitive development to establish effective pedagogical tools necessary for organizing full-fledged classes in the educational space of a university. The relevance of the study is determined by a number of unresolved issues, the problematic nature of which lies in the fragmented knowledge of the interrelations between structural and functional components, one of which is the cognitive component of physical activity. By applying research methods appropriate to the objective and involving mathematical calculations of the values recorded in the pedagogical experiment, the results indicate the validity of the formulated hypothesis regarding the effectiveness of adaptive physical education classes in improving the level of students' cognitive competencies. The boundaries of their practical application in educational practice are defined, and prospects for further research are identified.

Some Methodological Aspects of Teaching the Theory of Complex Variable Functions to Pedagogical Students

Ya.V. Delyukova
Far Eastern Federal University, Vladivostok

Key words and phrases: theory of functions of a complex variable; methodological techniques; interdisciplinary connections; development of competencies.

Abstract: The purpose of this study is to identify methodological features of teaching the theory of functions of complex variables to students majoring in pedagogy. The hypothesis assumes that these methodological approaches facilitate understanding of specific concepts of the theory of functions of complex variables within the framework of a holistic knowledge system. The study concludes that these methodological approaches contribute to the development of professional competencies in bachelor's degree students in pedagogy.

Bullying Among Students: Impact, Consequences and Measures to Prevent it

N.V. Kamenets, R.P. Pavlenkov, P.E. Butsik
Tyumen Industrial University, Tyumen

Key words and phrases: bullying; harassment; students; cyberbullying; bullying prevention.

Abstract: This article analyzes the prevalence of bullying among students as a factor influencing interpersonal relationships and the socio-psychological climate of educational institutions. The aim of the study was to identify the characteristics of bullying among students in higher and secondary vocational education. The objectives of the study included examining the forms and causes of bullying, its consequences for educational participants, and prevention options. The research method was a sociological survey of students at Surgut branch of Tyumen Industrial University. The results showed that bullying primarily manifests itself in the form of psychological pressure and social exclusion, is more common among students in secondary vocational education, and negatively impacts students' self-esteem and motivation. The findings support the need for systematic bullying prevention to create a safe educational environment.

Diagnostics of Social and Communicative Development of Primary School Students: Methods and Questionnaires

O.D. Kuleshova, A.S. Lvova
Moscow City Pedagogical University, Moscow

Key words and phrases: social and communicative development; diagnostics; methods; questionnaires; communication; social intelligence; communication.

Abstract: The article presents a description of diagnostics of social and communicative development of primary school students and the author's questionnaire on knowledge in the field of communication, which were successfully tested in a Moscow school. The purpose of this study is to identify effective diagnostics of social and communicative development of primary school students: methods and questionnaires. The authors were faced with the following tasks: to analyze the existing diagnostics (methods and questionnaires) of social and communicative development of primary school students; to select the most promising diagnostics (methods and questionnaires); to test them in an educational organization; to identify the most effective for social and communicative development of primary school students. The hypothesis of this study is based on the assumption that the selected diagnostics (methods and questionnaires) are effective in determining the level of social and communicative

development of primary school students. The following research methods were used: literature review, analysis, synthesis, test diagnostics. The following results were achieved in the course of the study: the author's questionnaire on knowledge in the field of communication was developed; Effective diagnostics (methods and questionnaires) for the social and communicative development of primary school students have been identified; methods and questionnaires for the social and communicative development of primary school students have been successfully tested.

Peculiarities of the Influence of Prison Subculture on Various Categories of Prisoners

*I.N. Kurkina, S.A. Gryaznov, M.I. Kuznetsov, A.N. Lomakina
Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service, Vladimir;
Samara Law Institute of the Federal Penitentiary Service, Samara;
Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan;
Vladimir Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
Vladimir*

Key words and phrases: prison subculture; prisoners sentenced to imprisonment; prison hierarchy; correctional facility; educational work; correctional facilities.

Abstract: The purpose of this article is to analyze the negative impact of the prison subculture on various categories of prisoners. The objectives of the article include characterizing the most dangerous manifestations of the prison subculture among prisoners; identifying the difficulties in implementing educational work arising under the influence of the prison subculture; and determining directions for combating the spread of the influence of the prison subculture. The research hypothesis assumes that the prison subculture has a negative impact on various categories of prisoners, hindering the achievement of the main goal of serving a sentence - the rehabilitation of persons deprived of liberty. To counter this phenomenon, it is necessary to conduct comprehensive preventive work aimed at preventing it. Using literature review methods and a cause-and-effect analysis of the phenomena studied, the authors of the article identified the most dangerous manifestations of the prison subculture and their impact on various categories of prisoners.

Key Areas for Improving Pedagogical Activities of the Correctional Institution Staff to Influence Those Sentenced to Long-term Imprisonment

*I.N. Kurkina, S.A. Gryaznov, M.I. Kuznetsov, Yu.A. Sokolova
Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service, Vladimir;
Samara Law Institute of the Federal Penitentiary Service, Samara;
Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan;
St. Petersburg University of the Federal Penitentiary Service, St. Petersburg*

Key words and phrases: pedagogical activity; correctional institution; correctional institution staff; persons sentenced to imprisonment; long-term imprisonment; education and work activity; educational activities; social connections; probation program.

Abstract: The purpose of this article is to analyze the problems of implementing educational measures within the framework of the pedagogical activities of the staff of a correctional institution and to identify the main areas for improving work with prisoners sentenced to long terms of imprisonment. The objectives of the article include identifying the main problematic aspects arising during the resocialization of this category of prisoners; determining the causes of difficulties in the pedagogical activities of correctional institution staff; and developing areas for its improvement. The research hypothesis assumes that the existing problematic aspects in the pedagogical activities of staff when working with prisoners sentenced to long terms of imprisonment can be resolved through the joint efforts

of the entire correctional institution team. Using literature review, questionnaires, and interviews, the authors of the article identified the most problematic areas in the pedagogical activities of correctional institution staff and proposed ways to improve them.

The Main Stages of Psychological and Pedagogical Support for Convicts with Aggressive Forms of Behavior

A.N. Lomakina¹, I.N. Kurkina², Yu.A. Sokolova³, A.V. Gudkova²

¹ *Vladimir Branch of Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vladimir;*

² *Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service, Vladimir;*

³ *St. Petersburg University of the Federal Penitentiary Service, St. Petersburg*

Key words and phrases: aggressive behavior; correction; convict; professional activity; psychological and pedagogical support; psychological and pedagogical work; resocialization; employee; penal system.

Abstract: The purpose of this article is to identify the key stages of psychological and pedagogical support for convicts with aggressive behavior. The research objectives are to identify the causes of aggressive behavior in convicts, examine the specifics of the professional work of staff with this category of convicts, and highlight problematic aspects that hinder the effectiveness of their rehabilitation. The research hypothesis is that psychological and pedagogical work with convicts with predominant forms of aggressive behavior is one stage of their psychological and pedagogical support. This professional activity of correctional facility staff is associated with the implementation of effective tools aimed at developing constructive behavior patterns and reducing aggression, which will positively impact their adaptation after release. Using methods of theoretical analysis, observation and questionnaires, the authors of the article note that psychological and pedagogical support of convicts with aggressive forms of behavior is a holistic, continuous and individualized process aimed at studying, correcting and preventing aggressive behavior in a correctional facility through the complex interaction of employees implementing the psychological and pedagogical process.

Application of Self-Control Methods in Student Classes

L.A. Lopatin¹, N.V. Vasenkov^{2, 3}, T.P. Sharypova³, L.E. Bikulova³

¹ *Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism;*

² *Kazan State Power Engineering University,*

³ *Kazan Branch of Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev, Kazan*

Key words and phrases: self-control; students; functional fitness; health; physical activity; independent training; diagnostics.

Abstract: This article examines the most popular methods of self-monitoring and physical assessment among students. The primary objective of this study is to examine the prevalence and effectiveness of various self-monitoring methods among students in general education institutions and to develop recommendations for integrating self-monitoring into their daily practice. The following methods were used: questionnaires, observation, content analysis, interviews, and statistical analysis. The study was conducted with first-, second-, and third-year students at Kazan State Power Engineering University and the Russian State University of Justice: 354 males and 531 females. The conclusion is that the most popular method of self-monitoring is regularly measuring their heart rate, although a third of students prefer keeping a self-monitoring diary. Students require additional consultations with teachers and doctors to correctly interpret their self-monitoring results.

Integrating an Ecological Approach into Project-Based Design Training: A Case Study of Bird Feeders for Urban Environments

E.V. Mikhailova, E.E. Stepanova
Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary

Key words and phrases: ecological design; design education; project-based learning; ecosystem thinking; sustainable development; interdisciplinarity; case study.

Abstract: This article explores the integration of eco-design and sustainable design principles into project-based learning for design students. The objective of the study was to develop and test a methodology for integrating eco-design and sustainable development principles into project-based learning for designers using a real-world case study. The primary objective was determined by the research hypothesis: using a real-world eco-case study in project-based learning transforms the eco-approach into a practical tool, effectively develops a set of competencies, and fosters environmental responsibility as the foundation of the design profession. Both theoretical and empirical methods were used in the study. The results demonstrate that such projects transform the educational process, making it more relevant to contemporary challenges, and prepare designers capable of creating not just objects, but elements of a sustainable and harmonious environment.

Approaches to the Category of “Teamwork” for the Effective Development of Foreign Language Speaking Skills of Future English teachers

M.I. Popova, G.M. Parnikova
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Key words and phrases: teamwork; communicative interaction; foreign language speaking; teaching methods; professional training; reflection; future English teacher; bilingualism.

Abstract: The purpose of this article is to analyze approaches to the concept of “teamwork” in the context of developing foreign language speaking skills in future English language teachers. The objectives include identifying psychological, pedagogical, and methodological interpretations of teamwork as a form of organizing joint activities and substantiating its didactic potential in developing communicative interaction. The research hypothesis is that teamwork promotes the activation of speech activity, the development of communicative initiative, reflection, and responsibility in students. The study utilized theoretical analysis and a summary of scientific sources. It was found that teamwork is a significant didactic condition for developing foreign language speaking skills. Particular attention is paid to the bilingualism of students in the Sakha Republic (Yakutia) as a factor influencing the characteristics of teamwork and foreign language speaking.

The Use of Infographics in the Implementation of the Clarity Principle: From Antiquity to the Present Day

I.S. Romanova^{1, 2}, A.A. Prokhorova^{2, 3, 4}

¹ *Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin, Ivanovo;*

² *Ivanovo State University, Ivanovo;*

³ *Perm State Humanitarian and Pedagogical University, Perm;*

⁴ *Azov State Pedagogical University named after P.D. Osipenko, Berdyansk*

Key words and phrases: infographics; principle of clarity; learning process; university students.

Abstract: Infographics have always played and continue to play an important role in the educational process, as they enable the creation of visually presented information of large and small volumes.

The study aims to review the use of infographic images in the history of pedagogy. The research objectives include systematizing the historical stages of the development of the principle of visualization; defining the role of visualization in teaching the younger generation in different historical eras; and describing the specifics of using different types of infographics in teaching modern students. The research hypothesis is that teaching foreign language to students at modern universities using infographics is possible if the essential characteristics of infographics as a teaching tool are defined. To address the objectives and confirm the hypothesis, methods were used to study and analyze pedagogical and methodological literature, as well as to summarize the experience of domestic and international scholars on the topic under study.

Teaching the Musical Imagery of Rests and Rhythm in the Song of the Plum Blossoms: Pedagogical Approaches and the Development of the Cultural Heritage of the Song Dynasty

Xie Xiaoyu^{1, 2}, Bian Wei^{1, 3}

¹ Philippine Women's University, Manila (Philippines);

² Heihe University, Heihe (China);

³ Uludağ School, Jinan (China)

Key words and phrases: guqin; pause; rhythmic breathing; Chinese music; Song Dynasty; aesthetics; philosophy; musical performance.

Abstract: The article is devoted to the study of the musical imagery of pauses and rhythmic breathing in the composition “Song of the Plum Blossoms in Three Verses”. The aim of the article is to determine the artistic and musical significance of pauses and rhythmic breathing in the composition “Song of the Plum Blossoms in Three Verses” and their connection with the aesthetic principles of Chinese writers of the Song era. The objectives are to clarify the features of the use of pauses and rhythmic breathing in Chinese music; to reveal the relationship between musical performance techniques and traditional aesthetic categories; to propose a methodology for mastering the composition “Song of the Plum Blossoms in Three Verses” in the context of the study of Chinese literature in school. Research methods: comparative comparison with other Chinese musical works; hermeneutic analysis of the text and musical context. Hypothesis: musical performance technique, using special types of pauses and rhythmic patterns, is aimed at conveying important aesthetic categories adopted in the Song era. The results are as follows: the theoretical foundations of guqin performance were examined, specific fragments of a musical work were analyzed, associations with Chinese literary heritage and philosophy were identified, and methodological techniques for analyzing a work of art in literature lessons in senior grades were proposed.

Изучение модульной арифметики с помощью примбона (яванского календаря): этноматематический путь развития цифровой межкультурной компетенции будущих учителей математики

П.Н.Дж.М. Синамбела, Н.Х. Савельева

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,*

*ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной пожарной службы МЧС России»,
г. Екатеринбург*

Ключевые слова и фразы: ADDIE; экспертная оценка; цифровой межкультурная компетентность; модульная арифметика; примбон; будущие учителя математики.

Аннотация: Цель данного исследования – разработка учебных материалов, изучающих модульную арифметику в яванской культуре с использованием яванской календарной системы примбон. Ожидается, что полученные учебные материалы будут способствовать развитию цифровой

межкультурной компетентности и конструктивной межкультурной дискуссии у будущих учителей математики. Используемый метод исследования представляет собой ограниченную адаптацию модели ADDIE с добавлением одного этапа: валидации экспертами. Межкультурная компетентность, которую разовьют будущие учителя математики, в дальнейшем поможет уменьшить недопонимание в общении в цифровом классе, будет способствовать инклюзивному обучению математике, поддерживать культурно-ориентированное преподавание математики, повысит участие в математических дискуссиях на уроках, научит управлять конфликтами и межкультурной групповой работой, а также подготовит учащихся к развитию компетенций глобального гражданства.

Teaching Classical Guitar Tapping Techniques in Children's Art Schools

D.S. Shcherbakova, F.M. Shak

*Tambov State Music and Pedagogical Institute named after S.V. Rachmaninov, Tambov;
Gnessin Russian Academy of Music, Moscow*

Key words and phrases: modern performance techniques; classical guitar; acoustic guitar; percussion techniques; tapping; guitar methodology.

Abstract: This article examines the introduction of tapping into the training of guitarists studying at children's art schools. Tapping has been widely regarded in the music community as a technique primarily intended for electric guitarists. The authors applied key performance techniques of this technique to classical acoustic guitar. A methodological set of specialized performance techniques was tested in groups of students, closely integrated with assessment criteria for evaluating the progress of young performers. The initial hypothesis was that systematic application of this technique would statistically significantly improve students' technical performance. Based on an analysis of the demand for percussion tapping techniques, an adapted set of exercises was developed aimed at developing coordination, precision, and expanding dynamic range. The pedagogical experiment demonstrated the potential of tapping as a motivating technique capable of increasing student engagement in working with contemporary non-academic repertoire. A side effect of the experiment was the preparation of a manual based on the author's arrangements of popular children's song material, adapted to the performing apparatus of the technique in question.

Using Videos and Texts for Reading together with Mind Maps in Russian as a Foreign Language Classes at University

T.M. Yudina, M.E. Churkina

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

Key words and phrases: video materials; reading; vocabulary; terminology; mind map; Arctic; North.

Abstract: This article explores the importance of working with video materials, the role of reading regional texts in Russian as a Foreign Language (RFL) class at a university for the purpose of practice-oriented teaching of foreign students, and the systematization of professional vocabulary in the natural sciences. A teaching and methodological scenario for introducing video clips to assist the teacher is developed. A methodology for creating a mind map is presented. Task blocks for foreign students are developed using material with Northern Russian terminology. The method is descriptive. Hypothesis: to introduce a course on the study of student professional training vocabulary into RFL educational programs.

Forms of Organization of the Educational Process for the Formation of Professional Safety Culture among Future Specialists in the Field of Labor Protection

E.N. Abiltarova, N.R. Ablyazov, V.I. Chalysheva
Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol

Key words and phrases: safety culture; professional training; training forms; teaching methods; interactive methods.

Abstract: The purpose of this article is to identify the forms of organizing the educational process for developing a culture of professional safety in future occupational safety specialists. The research hypothesis is based on the assumption that the identified forms of training will contribute to the effective development of a culture of professional safety in future occupational safety specialists. Research methods include systematization and analysis of scientific and pedagogical literature on the problem of introducing interactive forms of training in higher education; classification and comparison of various forms of training; practical experience; generalization for the formulation of research conclusions. Research results are as follows: effective forms of developing a culture of professional safety in future occupational safety specialists are identified.

Updating the Problem of Developing Visual Communication Skills of University Students

M.A. Bogach
Surgut State University, Surgut

Key words and phrases: visual communication of students; visual literacy; digital transformation of education; competency-based and activity-based approach; multimodal communication; professional training of students.

Abstract: In the context of the digital transformation of higher education, the role of visual forms of information presentation is increasing, necessitating a rethinking of student preparation for multimodal communication. This article examines the development of visual communication skills in university students as an independent area of pedagogical research. The aim of the work is to theoretically substantiate the importance of developing visual communication skills in the structure of professional training of students in higher education. Based on a theoretical analysis and synthesis of scientific literature, a pedagogical contradiction is revealed between the active use of visual means and the insufficient development of students' skills for their conscious application, and a deficit manifested in the substitution of visual communication with digital literacy is highlighted. A conclusion is drawn regarding the need for theoretical recognition of the development of visual communication skills as a relevant and under-researched pedagogical issue. The need to study the phenomenon of visual communication among university students is emphasized, taking into account current trends in the development of digital and information technologies, driven by the emergence and active dissemination of neural networks.

Lagrangian and Eulerian Descriptions: From Trajectory to Field in Training of Future Biophysicists

O.S. Zavyalova, I.V. Golovchenko, V.D. Ratnikov, I.S. Pashkova
Sevastopol State University, Sevastopol

Key words and phrases: biophysics; Lagrangian description; material derivative; continuum mechanics; teaching methods; field description; Eulerian description.

Abstract: The quality of training of modern scientists and researchers is typically assessed by their mastery of professional competencies. These competencies begin to develop in the first years of university, as students master fundamental physics and mathematics disciplines. The aim of this study is to develop methodological recommendations to ensure continuity in the study of general and theoretical

physics for students majoring in Physics and Biophysics and Bioinformatics. The empirical basis of the study is the fundamental concepts of the Continuum Mechanics course, whose basic prerequisites are sections of the general physics course such as Mechanics and Molecular Physics. Achieved results: a method for overcoming typical student difficulties in the transition to Eulerian description based on problems from biophysics is proposed.

Improving the Level of Strength Training of Athletes

G.N. Karietidi, A.I. Matsko, S.V. Ivanova, A.P. Kolesnikova
Armavir State Pedagogical University, Armavir;
Armavir Linguistic Social Institute, Armavir;
Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad;
Pacific State University, Khabarovsk

Key words and phrases: strength training; athletes; weights.

Abstract: The article is devoted to the issues of improving strength training in track and field throwing. The aim of the study is to determine the factors increasing the effectiveness of strength training of athletes. The objectives of the study are to determine the effective means of increasing the level of strength training of athletes. The research hypothesis suggests that the use of exercises with weights, as well as throwing exercises in the training process contributes to the improvement of the level of strength training of athletes. Research methods included the analysis of scientific and methodological literature, control testing of the level of strength training, methods of mathematical statistics. It is shown that the athletes experienced significant positive changes in the level of strength training. Thus, girls significantly improved their performance in such test exercises as the shot throw from below forward, the shot throw backward overhead and squats with a barbell ($p < 0.05-0.001$). Young men showed a significant improvement in performance in the shot throw from below forward and the shot throw backward overhead ($p < 0.05-0.001$).

Mediatization of Vocal Art: Transforming Originality, Interpretation, and Perception in the Digital Age

O.P. Leurda, N.M. Serzhenko
Krasnodar State Institute of Culture, Krasnodar

Key words and phrases: mediatization; vocal art; digital age; aura of a work of art; interpretation; perception of music; performer; artificial intelligence (AI); virtual reality (VR); platform economy; viral content; hybrid genres.

Abstract: The aim of the study is to analyze the process of mediatization of vocal art in the digital age, to identify the transformations of key categories of musical practice (originality, interpretation, perception) under the influence of digital technologies and media platforms. The hypothesis suggests that mediatization leads to the hybridization of vocal genres, strengthening the platform economy and transforming the aura of a work of art, which is confirmed by examples from YouTube, TikTok, Smule, Yousician, VR concerts and AI tools (Suno.ai, EmoVoice). The objectives are to study the influence of platforms on performance and education; to analyze viral content and UGC; to evaluate the role of AI and VR in vocal pedagogy. Methods included theoretical analysis (mediatization concepts according to K. Lundby, M. Granovetter), empirical – content analysis of media platforms (TikTok, VK, Twitch), case study (Dimash Qudaibergen, TERELYA, Reeps One), a review of trends for 2023–2026. Results achieved: the role of platforms in the formation of hybrid genres (a cappella – EDM, AI scat) was established; the dominance of UGC and FOMO in viral distribution was revealed; a model for the digital professionalization of vocalists with recommendations for pedagogy (integration of Smule, Vocalise VR) was proposed.

Trends 2024–2026: How Generative AI is Changing Instructional Design and the Role of Foreign Language Teachers

*E.S. Maslieva, Yu.A. Moroz, I.Yu. Osadchaya, Yu.Yu. Eremina
Sevastopol State University, Sevastopol*

Key words and phrases: artificial intelligence; generative AI (GenAI); foreign language education; microlearning; learner engagement; AI literacy; transforming the role of the teacher.

Abstract: The aim of the article is to analyze current trends in the integration of artificial intelligence (AI) into foreign language education based on empirical research conducted in 2024–2026. The objectives of the study include examining the transition from rule-based systems to generative AI (GenAI); studying the integration of GenAI with microlearning; identifying the transformation of the teacher's role and the requirements for developing their AI literacy. The research hypothesis is that the effectiveness of AI is determined by pedagogical design, the learning context, and teachers' readiness to work in the digital environment. The methodological basis is the analysis and synthesis of empirical research, and a summary of the results of quasi-experimental and qualitative studies. The study substantiates that GenAI provides adaptive and multimodal learning; it is proven that pedagogical design is a determining factor in effectiveness, and the integration of GenAI with microlearning creates new opportunities for personalization. The authors conclude that AI integration represents an evolution of pedagogical practice in which humans and technology act as complementary partners.

Scientific Conference as a Way to Develop Communicative Competence of Students at a Non-Linguistic University

*S.V. Pavlova, E.A. Molodykh
Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh*

Key words and phrases: communicative competence; foreign language teaching; student scientific and practical conferences; critical thinking; technical university.

Abstract: The purpose of this article is to examine how interdisciplinary scientific conferences held in foreign languages can contribute to the development of students' foreign-language communicative competence. The research hypothesis is that interdisciplinary scientific conferences for students enable teachers to develop students' foreign-language communicative competence and deepen their knowledge in the professional field. The research methods include a literature review on the research problem and a pedagogical observation method, which involves understanding and analyzing students' targeted preparation for scientific and practical conferences. The effectiveness of student participation in conferences is demonstrated. This increases their attention and concentration, motivating them to practice critical thinking skills at a high level. As a result, the analysis of educational practice showed that engaging students in scientific activity and developing communicative competence are particularly relevant in a technical university, where, due to the predominance of the natural sciences, professional communicative competence is becoming increasingly important.

Using an Interactive Pirogov Anatomy table and the Bitronicslab Laboratory as a Tool to Improve the Quality of Biomechanics Teaching for Physical Education Teachers at Pedagogical University

*A.P. Pashkov¹, O.V. Zhukova², T.G. Trebushinina², M.O. Meshkova¹
¹ Altai State Pedagogical University;
² Altai State Medical University, Barnaul*

Key words and phrases: biomechanics; interactive Pirogov anatomy table; BitronicsLab neurotechnology laboratory; physical education teachers.

Abstract: The search for effective approaches to teaching the subject of “Biomechanics” in training of future physical education teachers and coaches is relevant due to the need to combine theoretical and practical components, as well as the lack of a clearly unified approach to teaching the subject. Modern interactive teaching aids acquired by technology parks of pedagogical universities can be a factor that can improve the effectiveness of teaching biomedical disciplines. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the integrated use of the interactive Pirogov anatomy table and the neurotechnology laboratory. BitronicsLab’s use of biomechanics in teaching students at the Institute of Physical Education and Sports has proven effective: the experimental group’s knowledge, based on the final test results, was statistically significantly higher than that of the control group.

The Influence of Fitness Indicators of High Jumpers of Different Qualifications on Competition Results

T.P. Rybalchenko¹, A.A. Kostenko¹, A.P. Kolesnikova², T.V. Medvedeva³

¹ *Armavir State Pedagogical University, Armavir;*

² *Pacific State University, Khabarovsk;*

³ *Priazovsky State Technical University – Branch of National Research Moscow State University of Civil Engineering, Mariupol*

Key words and phrases: jumpers; high jump; competitive activity.

Abstract: The aim of this study was to identify factors that enhance the competitive performance of highly skilled high jumpers. A factor analysis revealed that speed and speed-strength fitness had the greatest impact on high jump performance for athletes of varying skill levels. Among international masters of sports, speed and speed-strength fitness, along with age, body mass index, and runway length, had the greatest impact on competition performance. Among masters of sports, speed and speed-strength fitness, along with runway length and physical fitness, had the greatest impact on competition performance. Among candidates for master of sports, speed and runway length had the greatest impact on competition performance.

Formation of Professional Resilience of Future Geologists through Field Practices: Development of Key Professionally Important Qualities

I.S. Frolov, O.V. Kirillova

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary

Key words and phrases: professional stability; professionally important qualities; field practice; geological education; extreme working conditions; pedagogical conditions; adaptation; professionalization.

Abstract: The relevance of the study is due to the contradiction between the increased demands of the geological exploration industry for stress resistance and adaptability of specialists working in extreme conditions, and the insufficient development of pedagogical conditions for the formation of these qualities in the system of higher education. The article presents a theoretical substantiation and empirical verification of a model for the formation of professional resilience of future geologists during field practices. The analysis of the phenomenon of professional resilience is carried out, its main components are identified: psychophysiological, emotional-volitional and cognitive. The potential of field practices as a quasi-professional environment simulating the conditions of real geological work is substantiated. It is assumed that immersion in such an environment act as a system-forming factor in professionalization and contributes to the targeted development of professionally important qualities (PIQ). The study was based on a set of methods: theoretical analysis, longitudinal observation, psychological testing (methods of SAN, Holmes and Rage, Zverkov-Eidman, Heim), analysis of activity products, as well as methods of mathematical statistics. The sample included 87 second- to fourth-year

students who completed field placements in the Khibiny Mountains and the Southern Urals from 2023 to 2025. The study revealed a gradual dynamic in the development of resilience, from acute stress at the initial stage to the development of a professional identity at the final stage. A significant correlation was found between the level of teamwork and emotional resilience ($r = 0.67$; $p < 0.01$). Pedagogical conditions that ensure the effectiveness of the process were identified: escalation of task complexity, reflective support, and role rotation. The data obtained allow us to consider field placements as a “natural simulator” for developing professionally important qualities necessary for successful geology in extreme conditions.

Methodological Foundations and Challenges of Training Teachers of Chinese as a Foreign Language Taking into Account Linguistic and Cultural Specifics

N.G. Tsoi^{1, 2}, I.V. Abakumova²

¹ Southern Federal University;

² Don State Technical University, Rostov-on-Don

Key words and phrases: Chinese as a foreign language; teaching methods; teacher training; linguacultural studies; hieroglyphics; tonal system; intercultural communication; language difficulties.

Abstract: This article examines the key methodological foundations, current trends, and pedagogical challenges in training teachers of Chinese as a foreign language, with a particular emphasis on its unique linguacultural specificity. The aim of the study is to conduct a comprehensive analysis and generalization of the key methodological foundations and pedagogical challenges in training teachers of Chinese as a foreign language (CFL), with a particular emphasis on the linguacultural aspect. The objectives of the study included an analysis of the methodological foundations of teaching Chinese as a foreign language, a systematization of its linguistic features as a source of pedagogical difficulties, and an identification of current trends and promising areas in teacher training. The hypothesis is based on the assumption that the study of Chinese cannot be reduced to the simple assimilation of the sign system; effective teacher training and successful language acquisition by students are impossible without a deep integration of the cultural component and a systematic overcoming of linguacultural difficulties (in phonetics, hieroglyphics, and vocabulary). The study utilizes theoretical and comprehensive analysis methods, as well as systematization and synthesis of scientific literature, existing methodological approaches, and historical pedagogical experience. The research findings systematize key pedagogical challenges (tonal system, hieroglyphics, culturally marked vocabulary) and highlight trends in teacher training: digitalization, interdisciplinarity, a communicative approach, and international partnerships.

Concert Repertoire of a Contemporary Tuba Performer

Zhou JiaWen, I.S. Kobozeva

Herzen Russian State Pedagogical University, St. Petersburg

Key words and phrases: tuba; concert repertoire; contemporary performance; avant-garde techniques; multiphonics.

Abstract: This article examines the evolution of the tuba concert repertoire and the contemporary challenges facing performers. It examines the instrument’s historical journey from Wagner’s orchestral practice to the formation of a Russian school thanks to V. Blazhevich and A. Lebedev. Particular attention is paid to the contradiction between technical developments in performance and the limited artistic content of early works. Using the works of W. Baxley as an example, it explores Tuba McDifficult and E. Anisimova Tuba Boom reveals the methodological aspects of working with modern techniques. The purpose of the article is to analyze the evolution of the concert repertoire for tuba and develop methods for mastering modern avant-garde techniques. To this end, the following tasks were solved: conducting a historical overview of the development of the solo repertoire;

identifying contradictions between technique and artistry; analyzing the problems of integrating the avant-garde; demonstrating methods using specific pieces as examples and assessing the coverage of this topic in Chinese scholarship. The study is based on the hypothesis that the introduction of new music is hindered by the lack of systematized methods, which requires the development of special pedagogical approaches. A combination of methods was used in the process: historical-genetic, analytical, theoretical generalization, comparative-contrastive, and practice-oriented description. Results are as follows: the significance of the Russian school (Blazhevich, Lebedev), which has overcome the gap between virtuosity and meaningfulness, was concretized. A contemporary problem is identified: the unpreparedness of pedagogy for mastering the avant-garde repertoire. The value of contemporary repertoire for developing students' creative thinking has been proven.

НАШИ АВТОРЫ List of Authors

Ашимов Д.Ж. – техник Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Москва, e-mail: wfdanya1@mail.ru

Ashimov D.Zh. – Technician, Federal Service of the National Guard Troops of the Russian Federation, Moscow, e-mail: wfdanya1@mail.ru

Тесля Н.Б. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и экономики данных Сибирского университета потребительской кооперации, г. Новосибирск, e-mail: 89138919544@yandex.ru

Teslya N.B. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Applied Informatics and Data Economics, Siberian University of Consumer Cooperatives, Novosibirsk, e-mail: 89138919544@yandex.ru

Колдунова И.Д. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной информатики и экономики данных Сибирского университета потребительской кооперации, г. Новосибирск, e-mail: irakoldunova@mail.ru

Koldunova I.D. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Applied Informatics and Data Economics, Siberian University of Consumer Cooperatives, Novosibirsk, e-mail: irakoldunova@mail.ru

Бесхмельнов М.И. – преподаватель кафедра информатики Института кибербезопасности и цифровых технологий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: M_Beskhmelnov@mail.ru

Beskhmelnov M.I. – Lecturer, Department of Computer Science, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: M_Beskhmelnov@mail.ru

Ву Чи Чие – кандидат технических наук, соискатель МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: vutrichien00@gmail.com

Vu Tri Chien – Candidate of Science (Engineering), MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: vutrichien00@gmail.com

Нгуен Минь Тьонг – доцент кафедры информатики МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: Nguen_m@mirea.ru

Nguyen Minh Tuong – Associate Professor, Department of Computer Science, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: Nguen_m@mirea.ru

Жериборов Д.С. – советник директора Уральского гуманитарного института, старший преподаватель кафедры зарубежного регионоведения Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, e-mail: dszheriborov@urfu.ru

Zheriborov D.S. – Advisor to the Director, Ural Humanitarian Institute, Senior Lecturer, Department of Foreign Regional Studies, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,

Yekaterinburg, e-mail: dszheriborov@urfu.ru

Бурнасов А.С. – кандидат исторических наук, доцент кафедры зарубежного регионоведения Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, e-mail: burnasov@mail.ru

Burnasov A.S. – Candidate of Science (History), Associate Professor, Department of Foreign Regional Studies, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: burnasov@mail.ru

Крез К.С. – аспирант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск (Беларусь), e-mail: karinakrez04@gmail.com

Krez K.S. – Postgraduate Student, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk (Belarus), e-mail: karinakrez04@gmail.com

Филипенко В.Ю. – студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск (Беларусь), e-mail: karinakrez04@gmail.com

Filipenko V.Yu. – Student, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk (Belarus), e-mail: karinakrez04@gmail.com

Кузнецова Н.С. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургической стоматологии Башкирского государственного медицинского университета, г. Уфа, e-mail: nadi12588@yandex.ru

Kuznetsova N.S. – Candidate of Science (Medicine), Associate Professor, Department of Surgical Dentistry, Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: nadi12588@yandex.ru

Ахмед Юсеф Фуад Махмуд – бакалавр Башкирского государственного медицинского университета, г. Уфа, e-mail: toghanjosef@gmail.com

Ahmed Youssef Fouad Mahmoud – Undergraduate Student, Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: toghanjosef@gmail.com

Али Мохтар Саид Омар Абделхалим – бакалавр Башкирского государственного медицинского университета, г. Уфа, e-mail: Mokhtar.Said2025@gmail.com

Ali Mokhtar Said Omar Abdelhalim – Undergraduate Student, Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: Mokhtar.Said2025@gmail.com

Сара Абделмажид Ибрахим Мохамед Кхалил – бакалавр Башкирского государственного медицинского университета, г. Уфа, e-mail: Saramajeed246@gmail.com

Sara Abdelmagid Ibrahim Mohamed Khalil – Undergraduate Student, Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: Saramajeed246@gmail.com

Орлов Г.А. – соискатель Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: gleborlov2003175@gmail.com

Orlov G.A. – Candidate for PhD degree, Baltic State Technical University “VOENMEKH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, e-mail: gleborlov2003175@gmail.com

Скорнякова Е.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и программной инженерии Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: skorniakova_ea@voenmeh.ru

Skorniakova E.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Systems and Software Engineering, Baltic State Technical University “VOENMEKH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, e-mail: skorniakova_ea@voenmeh.ru

Глазунова О.И. – руководитель выставочно-образовательного комплекса «ВОЕНМЕХ» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: stankevich.lesya@yandex.ru

Glazunova O.I. – Head of the “VOENMEKH” Exhibition and Educational Complex, Baltic State Technical University “VOENMEKH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, e-mail: stankevich.lesya@yandex.ru

Остроухов Н.А. – магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: ostrouhov.nikita2017@yandex.ru

Ostroukhov N.A. – Master’s Student, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, e-mail: ostrouhov.nikita2017@yandex.ru

Ефимов С.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: efimov@bk.ru

Efimov S.N. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Management Systems, M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, e-mail: efimov@bk.ru

Припадчев А.Д. – доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, e-mail: apripadchev@mail.ru

Pripadchev A.D. – Doctor of Engineering, Professor, Senior Researcher, Research Institute of Shipbuilding and Armament, Military Training and Scientific Center of the Navy “Admiral of the Fleet N.G. Kuznetsov Naval Academy”, St. Petersburg, e-mail: apripadchev@mail.ru

Никитенко А.В. – старший научный сотрудник Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, e-mail: nikitasan2007@mail.ru

Nikitenko A.V. – Senior Researcher, Research Institute of Shipbuilding and Armament, Military Educational and Scientific Center of the Navy “Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov Naval Academy”, St. Petersburg, e-mail: nikitasan2007@mail.ru

Горбунов А.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры летательных аппаратов Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, e-mail: gorbynovaleks@mail.ru

Gorbunov A.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Aircraft, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: gorbynovaleks@mail.ru

Магдин А.Г. – кандидат технических наук, доцент кафедры летательных аппаратов Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, e-mail: magdin.sasha@yandex.ru

Magdin A.G. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Aircraft, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: magdin.sasha@yandex.ru

Санталов С.М. – студент Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва, e-mail: santalov.stas@gmail.com

Santalov S.M. – Student, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Moscow, e-mail: santalov.stas@gmail.com

Соу Амаду Диюлде – кандидат технических наук, соискатель Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, e-mail: sowamadoudjould@mail.ru

Sou Amadou Diouldé – Candidate of Science (Engineering), Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: sowamadoudjould@mail.ru

Терехин К.А. – аспирант Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», г. Москва, e-mail: Vaselisk64@gmail.com

Terekhin K.A. – Postgraduate Student, Moscow State Technological University “STANKIN”, Moscow, e-mail: Vaselisk64@gmail.com

Бычкова Н.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной и прикладной математики Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», г. Москва, e-mail: nabych@mail.ru

Buchkova N.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Computational and Applied Mathematics, Moscow State Technological University “STANKIN”, Moscow, e-mail: nabych@mail.ru

Хвалько Д.Т. – аспирант Московского университета имени С.Ю. Витте, г. Москва, e-mail: dlyateatra@yandex.ru

Khvalko D.T. – Postgraduate Student, Witte Moscow State University, Moscow, e-mail: dlyateatra@yandex.ru

Цеева Ф.М. – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой мехатроники и робототехники института электроники, робототехники и искусственного интеллекта Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик, e-mail: mfmkbsu@mail.ru

Tseeva F.M. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of Department of Mechatronics and Robotics, Institute of Electronics, Robotics, and Artificial Intelligence, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: mfmkbsu@mail.ru

Сенов Х.М. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры мехатроники и робототехники института электроники, робототехники и искусственного интеллекта Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик, e-mail: xmsenov@mail.ru

Senov Kh.M. – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Department of Mechatronics and Robotics, Institute of Electronics, Robotics, and Artificial Intelligence, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: xmsenov@mail.ru

Бозиева А.М. – ассистент кафедры мехатроники и робототехники института электроники, робототехники и искусственного интеллекта Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик, e-mail: bozieva.asya@mail.ru

Bozieva A.M. – Assistant Lecturer, Department of Mechatronics and Robotics, Institute of Electronics, Robotics, and Artificial Intelligence, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: bozieva.asya@mail.ru

Шогенова М.М. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры строительных конструкции и механики института архитектуры, строительства и дизайна Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик, e-mail: iasid01@mail.ru

Shogenova M.M. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Building Structures and Mechanics, Institute of Architecture, Construction, and Design, Kabardino-

Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: iasid01@mail.ru

Цеев А.В. – магистрант Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик, e-mail: alimok888@mail.ru

Tseev A.V. – Master’s Student, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: alimok888@mail.ru

Чжоу Цзыхао – кандидат технических наук, независимый исследователь, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Zhou Zihao – Candidate of Science (Engineering), Independent Researcher, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Тянь Цзяхуань – независимый исследователь, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Tian Jiahuan – Independent Researcher, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Жэнь Минтао – независимый исследователь, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Ren Mingtao – Independent Researcher, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: czouczyhao@gmail.com

Черников В.С. – магистрант Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, e-mail: 1469530@bsuedu.ru

Chernikov V.S. – Master’s Student, Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: 1469530@bsuedu.ru

Лифиренко М.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, e-mail: 1469530@bsuedu.ru

Lifirenko M.V. – Candidate of Science (Engineering), Senior Lecturer, Department of Applied Informatics and Information Technology, Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: 1469530@bsuedu.ru

Жданов Э.Р. – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией СВЧ техники и радиопоглощающих покрытий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Zhdanov E.R. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Microwave Technology and Radar-Absorbing Coatings Laboratory, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Гриднева О.С. – лаборант-исследователь лаборатории СВЧ техники и радиопоглощающих покрытий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Gridneva O.S. – Research Assistant, Laboratory of Microwave Technology and Radio-Absorbing Coatings, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Миронова Т.Л. – лаборант-исследователь лаборатории СВЧ техники и радиопоглощающих покрытий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Mironova T.L. – Research Assistant, Laboratory of Microwave Technology and Radio-Absorbing Coatings, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Грохотова О.Г. – лаборант-исследователь лаборатории СВЧ техники и радиопоглощающих покрытий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Grokhotova O.G. – Research Assistant, Laboratory of Microwave Technology and Radio-Absorbing Coatings, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: zhdanov@ufanet.ru

Кривоногов Д.Ю. – студент Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Krivotnogov D.Yu. – Student, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Чистяков И.А. – студент Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Chistyakov I.A. – Student, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Воротников С.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры РК9 Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Vorotnikov S.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of RK9, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: chistyakovia@gmail.com

Ружеников А.А. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: rujennikow@gmail.com

Ruzhennikov A.A. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: rujennikow@gmail.com

Скоробогатченко Д.А. – доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com

Skorobogatchenko D.A. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Computer-Aided Design and Search Engineering Systems, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: dmitryskor2004@gmail.com

Жохов В.Д. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: Vlad.zhohov@yandex.ru

Zhokhov V.D. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: Vlad.zhohov@yandex.ru

Андрющенко О.В. – кандидат физико-математических наук, доцент, веб-программист, партнер ООО «Яндекс», г. Москва, e-mail: o.andryushchenko-v@yandex.ru

Andryushchenko O.V. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Web Programmer, Partner at Yandex LLC, Moscow, e-mail: o.andryushchenko-v@yandex.ru

Анохина И.М. – преподаватель кафедры высшей математики Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, e-mail: irmih@yandex.ru

Anokhina I.M. – Lecturer, Department of Higher Mathematics, A.F. Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, e-mail: irmih@yandex.ru

Ла Т.А. – аспирант Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», г. Москва, e-mail: latuananh275@gmail.com

Ла Т.А. – Postgraduate Student, Moscow State Technological University “STANKIN”, Moscow, e-mail: latuananh275@gmail.com

Уварова Л.А. – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», г. Москва, e-mail: uvar11@yandex.ru

Uvarova L.A. – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Department of Applied Mathematics, Moscow State Technological University “STANKIN”, Moscow, e-mail: uvar11@yandex.ru

Сназин А.А. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Snazin A.A. – Candidate of Science (Engineering), Senior Researcher, A.F. Mozhaysky, St. Petersburg, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Шевченко В.И. – младший научный сотрудник Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Shevchenko V.I. – Junior Researcher, A.F. Mozhaysky Military Space Academy, St. Petersburg, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Лизан В.М. – младший научный сотрудник Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Lizan V.M. – Junior Researcher, A.F. Mozhaysky Military Space Academy, St. Petersburg, e-mail: alexandersnzn@mail.ru

Тюлькин Б.В. – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, e-mail: st050135@student.spbu.ru

Tyulkin B.V. – Postgraduate Student, St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: st050135@student.spbu.ru

Гришкин В.М. – кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, e-mail: v.grishkin@spbu.ru

Grishkin V.M. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Computer Modeling and Multiprocessor Systems, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, e-mail: v.grishkin@spbu.ru

Нестеренко С.В. – генеральный директор ООО «Волгограднефтепроект», г. Волгоград, e-mail: pto@vnp.ltd

Nesterenko S.V. – General Director, Volgogradnefteproekt LLC, Volgograd, e-mail: pto@vnp.ltd

Фокин В.М. – доктор технических наук, профессор кафедры энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: vmfokin@bk.ru

Fokin V.M. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Power Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply, and Ventilation, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: vmfokin@bk.ru

Федоров В.В. – главный инженер ООО «Волгограднефтепроект», г. Волгоград, e-mail: pto@vnp.ltd

Fedorov V.V. – Chief Engineer, Volgogradnefteproekt LLC, Volgograd, e-mail: pto@vnp.ltd

Шафрай Е.С. – PhD, доцент кафедры архитектуры Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: ShafrayES@mgsu.ru

Shafray E.S. – PhD, Associate Professor, Department of Architecture, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: ShafrayES@mgsu.ru

Абас М.Х. – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: marina.abbas1@outlook.com

Abas M.Kh. – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: marina.abbas1@outlook.com

Олейник П.П. – доктор технических наук, профессор кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: cniomtp@mail.ru

Oleynik P.P. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: cniomtp@mail.ru

Соловьева А.В. – преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: Solovevaav@mgsu.ru

Solovyeva A.V. – Lecturer, Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: Solovevaav@mgsu.ru

Федоров С.С. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: FedorovSS@mgsu.ru

Fedorov S.S. – Candidate of Science (Engineering), Head of the Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: FedorovSS@mgsu.ru

Черепанова Е.О. – преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: CHerepanovaEO@mgsu.ru

Cherepanova E.O. – Lecturer, Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: CHerepanovaEO@mgsu.ru

Акташев К.А. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: fruit73007@mail.ru

Aktashev K.A. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: fruit73007@mail.ru

Герасимова А.Г. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и технологий Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, e-mail alina2902@mail.ru

Gerasimova A.G. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Computer Science and Technology, Chuvash State Pedagogical University named after I.Y. Yakovlev, Cheboksary, e-mail alina2902@mail.ru

Гермогенов М.Э. – студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: germisha2004@gmail.com

Germogenov M.E. – Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: germisha2004@gmail.com

Шергин Г.Н. – старший преподаватель кафедры национальных видов спорта, медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: Shergin.georgiy@mail.ru

Shergin G.N. – Senior Lecturer, Department of National Sports, Medical and Biological Disciplines, and Life Safety, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: Shergin.georgiy@mail.ru

Сентизова М.И. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры национальных видов спорта, медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: sentizova@yandex.ru

Sentizova M.I. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of National Sports, Medical and Biological Disciplines, and Life Safety, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: sentizova@yandex.ru

Гозгешева С.М. – кандидат политических наук, доцент кафедры физической культуры и спорта Пятигорского государственного университета, г. Пятигорск, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Gozgesheva S.M. – Candidate of Political Science, Associate Professor, Department of Physical Education and Sports, Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Башкирова С.Н. – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей и педагогической психологии, доцент кафедры физической культуры и спорта Пятигорского государственного университета, г. Пятигорск, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Bashkirova S.N. – Candidate of Science (Pharmacy), Associate Professor, Department of General and Educational Psychology, Associate Professor, Department of Physical Education and Sports, Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Имнаев Ш.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры и спорта Пятигорского государственного университета, г. Пятигорск, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Imnaev Sh.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Physical Education and Sports, Pyatigorsk State University, Pyatigorsk, e-mail: frinigonda@yandex.ru

Делюкова Я.В. – кандидат физико-математических наук, доцент департамента теории и практики преподавания математики, информатики, естественных наук Школы педагогики Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, e-mail: yanadelyukova@mail.ru

Delyukova Ya.V. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Theory and Practice of Teaching Mathematics, Computer Science, and Natural Sciences, School of Pedagogy, Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: yanadelyukova@mail.ru

Каменец Н.В. – кандидат экономических наук, доцент кафедры естественно-научных и гуманитарных дисциплин Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, e-mail: kamenetsnatalya@yandex.ru

Kamenets N.V. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Natural Sciences and Humanities, Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: kamenetsnatalya@yandex.ru

Павленков Р.П. – бакалавр Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, e-mail: pavlenkov_roman@mail.ru

Pavlenkov R.P. – Undergraduate Student, Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail:

pavlenkov_roman@mail.ru

Буцик П.Е. – бакалавр Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, e-mail: polli.butsik@mail.ru

Butsik P.E. – Undergraduate Student, Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: polli.butsik@mail.ru

Кулешова О.Д. – ассистент департамента методики обучения Московского городского педагогического университета, г. Москва, e-mail: KuleshovaOD@mgpu.ru

Kuleshova O.D. – Assistant Lecturer, Department of Teaching Methods, Moscow City Pedagogical University, Moscow, e-mail: KuleshovaOD@mgpu.ru

Львова А.С. – доктор педагогических наук, профессор департамента педагогики Московского городского педагогического университета, г. Москва, e-mail: Lvovaa@mgpu.ru

Lvova A.S. – Doctor of Education, Professor, Department of Pedagogy, Moscow City Pedagogical University, Moscow, e-mail: Lvovaa@mgpu.ru

Куркина И.Н. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры юридической психологии, педагогики и организации воспитательной работы с осужденными Владимирского юридического института ФСИН России, г. Владимир, e-mail: i-kurkina@yandex.ru

Kurkina I.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Legal Psychology, Pedagogy, and Organization of Educational Work with Convicts, Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vladimir, e-mail: i-kurkina@yandex.ru

Грязнов С.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры юридической психологии, педагогики и организации воспитательной работы с осужденными Самарского юридического института ФСИН России, г. Самара, e-mail: sagryaznov@yandex.ru

Gryaznov S.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Legal Psychology, Pedagogy, and Organization of Educational Work with Convicts, Samara Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Samara, e-mail: sagryaznov@yandex.ru

Кузнецов М.И. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры юридической психологии и педагогики Академии права и управления ФСИН России, г. Рязань, e-mail: mikhail_kuznetsov_1962@list.ru

Kuznetsov M.I. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Legal Psychology and Pedagogy, Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, e-mail: mikhail_kuznetsov_1962@list.ru

Ломакина А.Н. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры конституционного и муниципального права Владимирского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Владимир, e-mail: lomakina-an@ranepa.ru

Lomakina A.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Constitutional and Municipal Law, Vladimir Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vladimir, e-mail: lomakina-an@ranepa.ru

Соколова Ю.А. – кандидат психологических наук, заместитель начальника кафедры юридической психологии, педагогики и организации воспитательной работы с осужденными Санкт-Петербургского университета Федеральной службы исполнения наказаний, г. Санкт-Петербург, e-mail: yuliyasokolova77@mail.ru

Sokolova Yu.A. – Candidate of Science (Psychology), Deputy Head of the Department of Legal

Psychology, Pedagogy, and Organization of Educational Work with Convicts, St. Petersburg University of the Federal Penitentiary Service, St. Petersburg, e-mail: yuliyasokolova77@mail.ru

Гудкова А.В. – кандидат исторических наук, начальник кафедры юридической психологии, педагогики и организации воспитательной работы с осужденными Владимирского юридического института ФСИН России, г. Владимир, e-mail: 388153@gmail.com

Gudkova A.V. – Candidate of Science (History), Head of Department of Legal Psychology, Pedagogy, and Organization of Educational Work with Convicts, Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vladimir, e-mail: 388153@gmail.com

Лопатин Л.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики гимнастики Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, e-mail: Vnv62@inbox.ru

Lopatin L.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Gymnastics Theory and Methodology, Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: Vnv62@inbox.ru

Васенков Н.В. – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания Казанского государственного энергетического университета; преподаватель Казанского филиала Российского государственного университета правосудия имени В.М. Лебедева, г. Казань, e-mail: Vnv62@inbox.ru

Vasenkov N.V. – Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Department of Physical Education, Kazan State Power Engineering University; Lecturer, Kazan Branch of V.M. Lebedev Russian State University of Justice, Kazan, e-mail: Vnv62@inbox.ru

Шарыпова Т.П. – старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин Казанского филиала Российского государственного университета правосудия имени В.М. Лебедева, г. Казань, e-mail: sharypova_t@bk.ru

Sharypova T.P. – Senior Lecturer, Department of General Education Disciplines, Kazan Branch of V.M. Lebedev Russian State University of Justice, Kazan, e-mail: sharypova_t@bk.ru

Биккулова Л.Э. – старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин Казанского филиала Российского государственного университета правосудия имени В.М. Лебедева, г. Казань, e-mail: bikl-78@mail.ru

Bikulova L.E. – Senior Lecturer, Department of General Education Disciplines, Kazan Branch of V.M. Lebedev Russian State University of Justice, Kazan, e-mail: bikl-78@mail.ru

Михайлова Э.В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, e-mail: evelki38@yandex.ru

Mikhailova E.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Architecture and Environmental Design, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: evelki38@yandex.ru

Степанова Е.Е. – аспирант, ассистент кафедры архитектуры и дизайна среды Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, e-mail: stepanova_885@mail.ru

Stepanova E.E. – Postgraduate Student, Assistant Lecturer, Department of Architecture and Environmental Design, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: stepanova_885@mail.ru

Попова М.И. – доцент кафедры английского языка и перевода Северо-Восточного федерального

университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: nmi.popova@s-vfu.ru

Попова М.И. – Associate Professor, Department of English Language and Translation, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: nmi.popova@s-vfu.ru

Парникова Г.М. – доктор педагогических наук, профессор кафедры английского языка и перевода Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: allerigor@yandex.ru

Parnikova G.M. – Doctor of Education, Professor, Department of English Language and Translation, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: allerigor@yandex.ru

Романова И.С. – старший преподаватель кафедры русского и иностранных языков Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина; аспирант Ивановского государственного университета, г. Иваново, e-mail: inn2102@ya.ru

Romanova I.S. – Senior Lecturer, Department of Russian and Foreign Languages, Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin; postgraduate student, Ivanovo State University, Ivanovo, e-mail: inn2102@ya.ru

Прохорова А.А. – доктор педагогических наук, профессор кафедры непрерывного психолого-педагогического образования Ивановского государственного университета, г. Иваново; профессор кафедры методики преподавания иностранных языков Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, г. Пермь; профессор кафедры иностранных языков и методики преподавания Азовского государственного педагогического университета имени П.Д. Осипенко, г. Бердянск, e-mail: prohanna@yandex.ru

Prokhorova A.A. – Doctor of Education, Professor, Department of Continuing Psychological and Pedagogical Education, Ivanovo State University, Ivanovo; Professor, Department of Methods of Teaching Foreign Languages, Perm State Humanitarian and Pedagogical University, Perm; Professor, Department of Foreign Languages and Teaching Methods, Azov State Pedagogical University named after P.D. Osipenko, Berdyansk, e-mail: prohanna@yandex.ru

Се Сяюй – аспирант Филиппинского женского университета, г. Манила (Филиппины); преподаватель Хэйхэского университета, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: 12149979@qq.com

Xie Xiaoyu – Postgraduate Student, Philippine Women's University, Manila (Philippines); Lecturer, Heihe University, Heihe (China), e-mail: 12149979@qq.com

Бянь Вэй – аспирант Филиппинского женского университета, г. Манила (Филиппины); преподаватель музыки в школе Улюдао г. Цзинань (Китай), e-mail: 12149979@qq.com

Bian Wei – Postgraduate Student, Philippine Women's University, Manila (Philippines); Music Teacher, Wuliudao School, Jinan (China), e-mail: 12149979@qq.com

Синамбела П.Н.Дж.М. – аспирант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, e-mail: pardomuannjmsinambela@gmail.com

Sinambela P.N.J.M. – Postgraduate Student, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: pardomuannjmsinambela@gmail.com

Савельева Н.Х. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков и профессиональных коммуникаций Уральского института Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Екатеринбург, e-mail: nellik1983@mail.ru

Savelieva N.Kh. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Foreign Languages and Professional Communications, Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, e-mail: nellik1983@mail.ru

Щербакова Д.С. – преподаватель Тамбовского государственного музыкально-педагогического института имени С.В. Рахманинова, г. Тамбов, e-mail: da5a1995@yandex.ru

Shcherbakova D.S. – Lecturer, Tambov State Music and Pedagogical Institute named after S.V. Rachmaninov, Tambov, e-mail: da5a1995@yandex.ru

Шак Ф.М. – доктор искусствоведения, профессор кафедры инструментального джазового исполнительства Российской академии музыки имени Гнесиных, г. Москва, e-mail: fedorshak@gmail.com

Shak F.M. – Doctor of Arts, Professor, Department of Instrumental Jazz Performance, Gnessin Russian Academy of Music, Moscow, e-mail: fedorshak@gmail.com

Юдина Т.М. – кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка и речевой культуры Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, e-mail: tatyana.y.tanya@mail.ru

Yudina T.M. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Russian Language and Speech Culture, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: tatyana.y.tanya@mail.ru

Чуркина М.Е. – студент Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, e-mail: tatyana.y.tanya@mail.ru

Churkina M.E. – Student, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, e-mail: tatyana.y.tanya@mail.ru

Абильгарова Э.Н. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры охраны труда в машиностроении и социальной сфере Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова, г. Симферополь, e-mail: elviza2008@gmail.com

Abiltarova E.N. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Occupational Safety in Mechanical Engineering and Social Sphere, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, e-mail: elviza2008@gmail.com

Аблязов Н.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры охраны труда в машиностроении и социальной сфере Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова, г. Симферополь, e-mail: elviza2008@gmail.com

Ablyazov N.R. – Candidate of Science (Engineering), Senior Lecturer, Department of Occupational Safety in Mechanical Engineering and Social Sphere, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, e-mail: elviza2008@gmail.com

Чалышева В.И. – преподаватель кафедры охраны труда в машиностроении и социальной сфере Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова, г. Симферополь, e-mail: elviza2008@gmail.com

Chalysheva V.I. – Lecturer, Department of Occupational Safety in Mechanical Engineering and Social Sphere, Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, e-mail: elviza2008@gmail.com

Богач М.А. – доцент кафедры педагогики профессионального и дополнительного образования Сургутского государственного университета, г. Сургут, e-mail: bogach_ma@mail.ru

Bogach M.A. – Associate Professor, Department of Pedagogy of Professional and Continuing Education, Surgut State University, Surgut, e-mail: bogach_ma@mail.ru

Завьялова О.С. – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail:

oszavyalova@mail.sevsu.ru

Zavyalova O.S. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of the Physics Department, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: oszavyalova@mail.sevsu.ru

Головченко И.В. – старший преподаватель кафедры физики Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: ivgolovchenko@mail.sevsu.ru

Golovchenko I.V. – Senior Lecturer, Department of Physics, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: ivgolovchenko@mail.sevsu.ru

Ратников В.Д. – преподаватель кафедры физики Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: vdratnikov@mail.sevsu.ru

Ratnikov V.D. – Lecturer, Department of Physics at Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: vdratnikov@mail.sevsu.ru

Пашкова И.С. – преподаватель кафедры физики Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: ispashkova@mail.sevsu.ru

Pashkova I.S. – Lecturer, Physics Department, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: ispashkova@mail.sevsu.ru

Кариентиди Г.Н. – аспирант Армавирского государственного педагогического университета, г. Армавир, e-mail: georgenickolaewitch@yandex.ru

Karientidi G.N. – Postgraduate Student, Armavir State Pedagogical University, Armavir, e-mail: georgenickolaewitch@yandex.ru

Мацко А.И. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры гуманитарных дисциплин и физической культуры Армавирского лингвистического социального института, г. Армавир, e-mail: andrmaz@mail.ru

Matsko A.I. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Humanities and Physical Education, Armavir Linguistic and Social Institute, Armavir, e-mail: andrmaz@mail.ru

Иванова С.В. – старший преподаватель Высшей школы физической культуры и спорта Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград, e-mail: svetlanaandreeva1971@mail.ru

Ivanova S.V. – Senior Lecturer, Higher School of Physical Education and Sports, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: svetlanaandreeva1971@mail.ru

Колесникова А.П. – старший преподаватель Высшей школы теории и методики физической культуры и безопасности жизнедеятельности Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск, e-mail: Ancha-74@mail.ru

Kolesnikova A.P. – Senior Lecturer, Higher School of Theory and Methodology of Physical Education and Life Safety, Pacific National University, Khabarovsk, e-mail: Ancha-74@mail.ru

Леурда О.П. – доцент кафедры эстрадно-джазового пения Краснодарского государственного института культуры, г. Краснодар, e-mail: oksanasaxno@gmail.com

Leurda O.P. – Associate Professor, Department of Pop and Jazz Singing, Krasnodar State Institute of Culture, Krasnodar, e-mail: oksanasaxno@gmail.com

Серженко Н.М. – старший преподаватель кафедры эстрадно-джазового пения Краснодарского государственного института культуры, г. Краснодар, e-mail: ninaserzhenko@bk.ru

Serzhenko N.M. – Senior Lecturer, Department of Pop and Jazz Singing, Krasnodar State Institute of Culture, Krasnodar, e-mail: ninaserzhenko@bk.ru

Маслиева Е.С. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: maslieva_k@rambler.ru

Maslieva E.S. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: maslieva_k@rambler.ru

Мороз Ю.А. – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: yuriy_moroz@mail.ru

Moroz Yu.A. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: yuriy_moroz@mail.ru

Осадчая И.Ю. – старший преподаватель кафедры иностранных языков Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: osadchayalis@mail.ru

Osadchaya I.Yu. – Senior Lecturer, Department of Foreign Languages, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: osadchayalis@mail.ru

Еремина Ю.Ю. – старший преподаватель кафедры иностранных языков Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, e-mail: osadchayalis@mail.ru

Eremina Yu.Yu. – Senior Lecturer, Department of Foreign Languages, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: osadchayalis@mail.ru

Павлова С.В. – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, e-mail: paveta23@yandex.ru

Pavlova S.V. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: paveta23@yandex.ru

Молодых Е.А. – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Воронежского государственного университета инженерных технологий, г. Воронеж, e-mail: molina39@yandex.ru

Molodykh E.A. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: molina39@yandex.ru

Пашков А.П. – кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой медицинских знаний и БЖД Алтайского государственного педагогического университета, г. Барнаул, e-mail: pashkart@mail.ru

Pashkov A.P. – Candidate of Science (Medicine), Head of Department of Medical Knowledge and Life Safety, Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: pashkart@mail.ru

Жукова О.В. – кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой гигиены и основ экологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул, e-mail: k-gigien@asmu.ru

Zhukova O.V. – Candidate of Science (Medicine), Head of Department of Hygiene and Fundamentals of Ecology, Altai State Medical University, Barnaul, e-mail: k-gigien@asmu.ru

Требушинина Т.Г. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул, e-mail: ttg47@yandex.ru

Trebushinina T.G. – Candidate of Science (Medicine), Associate Professor, Department of Anatomy, Altai State Medical University, Barnaul, e-mail: ttg47@yandex.ru

Мешкова М.О. – магистрант Алтайского государственного педагогического университета, г. Барнаул, e-mail: pashkart@mail.ru

Meshkova M.O. – Master's Student, Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: pashkart@mail.ru

Рыбальченко Т.П. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры и безопасности жизнедеятельности Армавирского государственного педагогического университета, г. Армавир, e-mail: tanyusic@rambler.ru

Rybalchenko T.P. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Physical Education and Life Safety, Armavir State Pedagogical University, Armavir, e-mail: tanyusic@rambler.ru

Костенко А.А. – кандидат психологических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры и безопасности жизнедеятельности Армавирского государственного педагогического университета, г. Армавир, e-mail: Rabotalekcia@yandex.ru

Kostenko A.A. – Candidate of Science (Psychology), Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Life Safety, Armavir State Pedagogical University, Armavir, e-mail: Rabotalekcia@yandex.ru

Медведева Т.В. – старший преподаватель кафедры физической культуры и спорта Приазовского государственного технического университета – филиала Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Мариуполь, e-mail: tvn07.03.10.26@gmail.com

Medvedeva T.V. – Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sports, Priazov State Technical University – Branch of National Research Moscow State University of Civil Engineering, Mariupol, e-mail: tvn07.03.10.26@gmail.com

Фролов И.С. – аспирант Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, e-mail: froloff.vania201@yandex.ru

Frolov I.S. – Postgraduate Student, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: froloff.vania201@yandex.ru

Кириллова О.В. – доктор педагогических наук, профессор кафедры философии, социологии и педагогики Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, e-mail: kirillovaolga59@mail.ru

Kirillova O.V. – Doctor of Education, Professor, Department of Philosophy, Sociology, and Pedagogy, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: kirillovaolga59@mail.ru

Цой Н.Г. – старший преподаватель Департамента восточных языков и культур Южного федерального университета; преподаватель кафедры иностранного языка в сфере социогуманитарных наук Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, e-mail: cuiwang@mail.ru

Tsoi N.G. – Senior Lecturer, Department of Oriental Languages and Cultures, Southern Federal University; Lecturer, Department of Foreign Language in Social Sciences and Humanities, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: cuiwang@mail.ru

Абакумова И.В. – доктор психологических наук, профессор, декан факультета Психологии, педагогики и дефектологии Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, e-mail: abakira@mail.ru

Abakumova I.V. – Doctor of Psychology, Professor, Dean of Faculty of Psychology, Pedagogy, and Defectology, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: abakira@mail.ru

Чжоу Цзявэнь – соискатель Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, e-mail: 574607078@qq.com

Zhou JiaWen – Postgraduate Student, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: 574607078@qq.com

Кобозева И.С. – доктор педагогических наук, профессор кафедры музыкального воспитания и образования института музыки, театра и хореографии Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, e-mail: 574607078@qq.com

Kobozeva I.S. – Doctor of Education, Professor, Department of Music Education and Training, Institute of Music, Theater, and Choreography, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, e-mail: 574607078@qq.com

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ
SCIENCE PROSPECTS
№ 3(198).2026.
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 20.03.2026 г.
Дата выхода в свет 27.03.2026 г.
Формат журнала 60×84/8
Усл. печ. л. 39,53. Уч.-изд. л. 26,77.
Тираж 1000 экз.
Цена 300 руб.
16+
Издательский дом ООО «НТФ РИМ».