ISSN 2077-6810

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ

SCIENCE PROSPECTS

№ 5(200).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

Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Технология и организация строительства

Экологическая безопасность в строительстве

Архитектура, реставрация и реконструкция

Управление жизненным циклом объектов строительства

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ:

Теория и методика обучения и воспитания

Профессиональное образование

МАТЕРИАЛЫ XIX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ (ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИЕ НАУКИ)»

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 Умматович – 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: tambovdu@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

Запивалов Николай Петрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН, 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: ninavaspo@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

Борисенко И.И., Петрив Р.Б., Серегин И.А., Сторожук Н.Л. Методика обнаружения автоматизированного HID-ввода на основе оконного анализа временных характеристик клавиатурного почерка 12
Волков Д.А., Илюхин М.В. Математическое моделирование адаптивных образовательных траекторий с оценкой надежности процесса освоения профессионального иностранного языка 20
Деревенсков А.Д., Шаповалов С.С., Осадчий И.В., Соболевская Т.А. Динамический подбор ключевых кадров видеоряда для выборочной обработки изображений в задаче анализа качества дорожного покрытия..... 26
Калиберда С.И., Чернышев А.Б. Метод интегрированного прогнозирования рисков в бизнес-процессах на основе Process Mining и машинного обучения 33
Круглова Л.В., Федосеева А.А., Керимов М.А. Методы безопасного контроля поведения ИИ-агентов: ограничения, валидация, мониторинг 39
Малахов С.В., Курбатов Д.А., Данилейко Л.В., Спирин С.А. Оценка влияния плотности IoT-устройств на пропускную способность беспроводной сети 43
Радченко В.П., Зуев А.С., Дьяконова Т.А. Методы визуализации цифровых моделей исторических артефактов 47
Sviridov A.N., Iglin M.O., Sviridova E.A. Architecture of an Automated System for Request Distribution in an Omnichannel Service Environment 51
Спиваков М.Б., Гончаров Р.Р., Костюченко Т.Р., Малеев О.Г. Разработка и исследование гибридного параллельного алгоритма DBSCAN для обработки пространственных данных LiDAR на базе технологий MPI и CUDA..... 57
Старкова Д.С., Уланов А.Д., Фролов А.В., Малахов С.В. Онтологическая модель управления жизненным циклом модели машинного обучения (MLOps) 62
Сулимов А.С., Романов М.П. Обзор и анализ методов регистрации разнородных частично пересекающихся трехмерных моделей 71

Автоматизация и управление

Арепьева Д.С., Сергиенко Д.А., Чижевская А.Д., Федоров С.С. Структурная модель автоматизированной системы управления технологическими процессами проверки цифровых информационных моделей..... 78
Заронов Д.В., Щетинина А.А., Шамлицкий Я.И. Система обработки и визуализации данных промышленного предприятия на основе интеграции технологических, лабораторных и интеллектуальных сервисов 83
Куликова М.Г., Новиков Н.А. Совершенствование технологии выдержки вискового дистиллята: от теории к практике..... 88
Мигалкина М.С., Сурина А.В. Модель оценки рисков авиастроительного производства в условиях цифровой трансформации..... 92

Содержание

Математическое моделирование и численные методы

Володов Н.Д., Кондратов Д.В. Компенсация пространственно неравномерного распределения ошибки в направленных итерационных схемах решения уравнений Лапласа и Пуассона 97

Малахов С.В., Дагаев Д.М., Доманицкий А.В., Лысов И.Д., Михальчук Д.А. Одноканальная система массового обслуживания с приоритетами: теоретический анализ и прикладная интерпретация 108

Чичеров Д.О., Ковалев С.В. Разработка проблемно-ориентированной системы поддержки принятия управленческих решений на основе гибридного алгоритма WASPAS 114

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха

Короткова Г.В., Боханов А.Д. Эффективность барботажного перемешивания биомассы в биогазовых реакторах: анализ параметров, математическое моделирование и экспериментальная верификация..... 124

Фокин В.М., Попова А.Д., Ковылин А.В. Эргономические температурные характеристики теплозащитных материалов..... 128

Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Посадсков Ф.Е., Редников С.Н. Методы применения искусственного интеллекта в гидротехническом строительстве 133

Технология и организация строительства

Руденко А.А. Концепция и методология восстановительного ремонта объектов после взрывного воздействия..... 139

Экологическая безопасность в строительстве

Абрамова А.С., Дрыга Д.О. Методические подходы к дистанционному скринингу устойчивости природно-туристических кластеров Алтая, Камчатки и Красной Поляны на основе спутниковых индексов 146

Архитектура, реставрация и реконструкция

Задворянская Т.И., Корнева Ю.Г., Кучер М.Д. Символическая и формальная эстетика архитектуры: время и место как параметры восприятия..... 152

Сафонова Е.В. Текстильные методы формообразования в архитектуре на основе волокнистых структур: опыт Штутгартского университета 159

Управление жизненным циклом объектов строительства

Лапидус А.А., Алборов Т.Т. Особенности формирования организационных структур при реализации объектов жилищного строительства..... 166

Содержание

Мириков В.Н. Выбор рациональной схемы взаимодействия участников строительства ... 174
Хаев Т.Э., Егорова Н.П. Информационное моделирование (BIM) как инструмент повышения эффективности авторского и строительного контроля заказчика за соответствием работ проектной документации ... 180

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Теория и методика обучения и воспитания

Абдукайимов Ж.У., Кудрин Е.П., Шергин Г.Н. Формирование готовности к защите Родины у старшеклассников во внеурочной деятельности ... 185
Бобченко Т.Г. Особенности самоотношения подростков, занимающих различные позиции в буллинге ... 189
Варламова М.Е. Возрастная динамика структуры ценностных ориентаций у младших и старших подростков ... 196
Веселов А.А., Овчинникова М.Д. Эмоциональная культура как социально значимый аспект жизни индивида ... 201
Гермогенов М.Э., Винокурова О.Е. Современные технологии педагогического процесса: потенциал, вызовы и перспективы развития ... 205
Гермогенов М.Э., Винокурова О.Е. Цифровое поколение: различия в отношении к технологиям между студентами и их родителями ... 208
Глухова К.П., Дубицкая Л.В., Павлуцкая Н.М. Искусственный интеллект в профессиональном развитии учителя физики в цифровой образовательной среде ... 211
Кузнецов В.А., Засухина Л.В., Сесорова О.В. Деструктивное влияние пагубных зависимостей на жизнь и здоровье студента ... 216
Никитина М.А., Подымова Л.С. Экскурсионно-музейная деятельность как форма управления познавательной активностью школьников в контексте патриотического воспитания ... 220
Платонов А.А., Баишев И.И., Шергин Г.Н. «Один день в армии» как эффективная форма подготовки допризывной молодежи к военной службе ... 224
Рузайкина Н.Н., Ермолаева М.А., Шуняева Е.А. Развитие физических качеств у волейболистов ... 229
Сальникова А.С., Капкаева Л.С., Лапин К.С. Формирование исследовательских умений старшеклассников в процессе обучения решению нестандартных математических задач ... 233

Профессиональное образование

Куланова А.А., Сурина А.В. Разработка системы показателей для оценки качества развития персонала образовательных организаций в условиях цифровой трансформации ... 240
Сафонова В.Ю., Тиссен П.П. Мотивация студентов института физической культуры и спорта к освоению дополнительных профессиональных программ ... 246
Семенов С.Г., Арепьева Д.С., Федоров С.С., Казаков С.Д. Студенческое конструкторское бюро полного цикла как эффективная модель интеграции образования, практики и проектной деятельности ... 250
Солнышкина В.В., Дунаенко А.И., Игропуло И.Ф. Педагогическое образование как про-

Содержание

странство формирования гражданско-патриотической позиции студентов 254
Щербатых С.В., Юрьев Д.Ю. Моделирование и модель индивидуального образовательного маршрута в постдипломном образовании хирургов-онкологов 258

МАТЕРИАЛЫ XIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «НАУКА.ОБЩЕСТВО.БИЗНЕС»

Теория и методика обучения и воспитания

Дога И.В., Фортова Л.К. Инновационные подходы к профилактике делинквентного поведения подростков в современном социуме 266
Крученко А.А., Мельников Д.А. Синхронизация теоретической и практической подготовки: проектирование интегрированных модулей в новой системе высшего образования 270
Ли Сяокунь, Марченко Г.В. Механизмы формирования национальной идентичности на уроках физической культуры в системе обязательного образования Китая 274
Маркина П.В., Хиджурова А.Х. Современные подходы и методы обучения русскому языку в условиях многоязычия и межкультурной коммуникации 279
Shalomova E.V., Zubkova A.M., Titova D.A. Assessment of Students' Adaptive Status by Electroencephalogram Parameters 283

Профессиональное образование

Гарай К.Ю., Селиверстова Е.Н. Использование симуляционных моделей в формировании субъектного опыта познания студентов-медиков на примере ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России 287
Гузенко К.С. Развитие опыта творческой деятельности как педагогическое условие формирования инновационной культуры будущих специалистов в области экономики и управления 290
Ли Минхуэй, Марченко Г.В. Нормативно-правовые основы профессиональной подготовки будущих учителей музыки к патриотическому воспитанию школьников с использованием народной музыки 295
Резцова С.А., Полторыхина А.А. Структурно-семантические особенности английских фразеологизмов семантического поля «Еда» и способы их перевода на русский язык 300
Рыбакова А.С., Саламатина И.И. Терминологический треугольник ИИ: на пересечении точности, этики и доверия 304
Тиханова Н.Е., Сергеева М.Г. Потенциал внутрикорпоративного обучения в контексте непрерывного образования преподавателей высшей школы 307

Экологическая безопасность в строительстве

Го Минсюй, Туркина Н.Р., Син Шибо Исследование акустических характеристик метаматериалов из спиральных фононных кристаллов 310

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

System Analysis, Control and Information Processing

Borisenko I.I., Petriv R.B., Seregin I.A., Storozhuk N.L. Method for Detecting Automated HID Input Based on Windowed Analysis of Time Characteristics of Keyboard Handwriting 12

Volkov D.A., Ilyukhin M.V. Mathematical Modeling of Adaptive Educational Trajectories to Assess the Reliability of the Process of Mastering a Professional Foreign Language..... 20

Derevenskov A.D., Shapovalov S.S., Osadchiy I.V., Sobolevskaya T.A. Dynamic Selection of Video Keyframes for Selective Image Processing in the Task of Analyzing Road Surface Quality 26

Kaliberda S.I., Chernyshev A.B. Integrated Risk Prediction Method for Business Processes Based on Process Mining and Machine Learning..... 33

Kruglova L.V., Fedoseeva A.A., Kerimov M.A. Methods of Safe Control of AI Agents' Behavior: Restrictions, Validation, Monitoring 39

Malakhov S.V., Kurbatov D.A., Danileyko L.V., Spirin S.A. Evaluating the Impact of IoT Device Density on Wireless Network Bandwidth 43

Radchenko V.P., Zuev A.S., Dyakonova T.A. Methods for Visualizing Digital Models of Historical Artifacts 47

Свиридов А.Н., Иглин М.О., Свиридова Е.А. Архитектура автоматизированной системы распределения заявок в омниканальном сервисе..... 51

Spivakov M.B., Goncharov R.R., Kostyuchenko T.R., Maleev O.G. Development and Research of a Hybrid Parallel Algorithm DBSCAN for Processing Spatial Data LiDAR Based on MPI and CUDA Technologies..... 57

Starkova D.S., Ulanov A.D., Frolov A.V., Malakhov S.V. The Ontological Life Cycle Management Model of Machine Learning Operations (MLOps)..... 62

Sulimov A.S., Romanov M.P. Review and Analysis of Registration Methods for Heterogeneous Partially Intersecting Three-Dimensional Models 71

Automation and Control

Arepyeva D.S., Sergienko D.A., Chizhevskaya A.D., Fedorov S.S. Structural Model of an Automated Process Control System for Verifying Digital Information Models..... 78

Zaronov D.V., Shchetinina A.A., Shamlitsky Ya.I. Industrial Enterprise Data Processing and Visualization System Based on Integration of Technological, Laboratory and Intelligent Services..... 83

Kulikova M.G., Novikov N.A. Improving the Technology of Whiskey Distillate Aging: From Theory to Practice 88

Migalkina M.S., Surina A.V. Risk Assessment Model for Aircraft Manufacturing in the Context of Digital Transformation 92

Contents

Mathematical Modeling and Numerical Methods

Volodov N.D., Kondratov D.V. Compensation of Spatially Uneven Error Distribution in Directed Iterative Schemes to Solve Laplace and Poisson Equations 97
Malakhov S.V., Dagaev D.M., Domanitskiy A.V., Lysov I.D., Mikhalchuk D.A. Single-channel Queuing System with Priorities: Theoretical Analysis and Applied Interpretation 108
Chicherov D.O., Kovalev S.V. Development of a Problem-oriented Management Decision Support System Based on the Hybrid WASPAS Algorithm 114

CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Heat Supply, Ventilation, Air Conditioning

Korotkova G.V., Bokhanov A.D. Efficiency of Bubbling Biomass Mixing in Biogas Reactors: Parameter Analysis, Mathematical Modeling, and Experimental Verification 124
Fokin V.M., Popova A.D., Kovylin A.V. Ergonomic Temperature Characteristics of Heat-protective Materials 128

Hydraulic Engineering, Hydraulics and Engineering Hydrology

Posadskov F.E., Rednikov S.N. Methods of Applying Artificial Intelligence in Hydraulic Engineering 133

Technology and Organization of Construction

Rudenko A.A. Concept and Methodology of Reconstruction of Objects After Explosive Impact 139

Environmental Safety in Construction

Abramova A.S., Dryga D.O. Methodological Approaches to Remote Sustainability Screening of Natural Tourism Clusters in Altai, Kamchatka and Krasnaya Polyana Based on Satellite Indices 146

Architecture, Restoration and Reconstruction

Zadvoryanskaya T.I., Korneva Yu.G., Kucher M.D. Symbolic and Formal Aesthetics of Architecture: Time and Place as Perception Parameters 152
Safonova E.V. Textile Shaping Methods in Architecture Based on Fibrous Structures: The Experience of the University of Stuttgart 159

Life Cycle Management of Construction Objects

Lapidus A.A., Alborov T.T. Features of Formation of Organizational Structures in the Implementation of Housing Construction Projects 166
Mirikov V.N. Choosing a Rational Scheme of Interaction Between Construction Participants 174
Khaev T.E., Egorova N.P. Building Information Modeling (BIM) as a Tool for Improving the Effectiveness of the Author's and Construction Control of the Customer over the Compliance of

Contents

Works with Project Documentation 180

PEDAGOGICAL SCIENCES

Theory and Methods of Training and Education

Abdukayimov Zh.U., Kudrin E.P., Shergin G.N. Formation of Readiness to Defend the Motherland among High School Students in Extracurricular Activities 185
Bobchenko T.G. Features of Self-attitude of Teenagers Occupying Different Positions in Bullying 189
Varlamova M.E. Age Dynamics of the Structure of Value Orientations in Younger and Older Adolescents..... 196
Veselov A.A., Ovchinnikova M.D. Emotional Culture as a Socially Significant Aspect of an Individual's Life 201
Germogenov M.E., Vinokurova O.E. Modern Technologies of the Pedagogical Process: Potential, Challenges and Development Prospects 205
Germogenov M.E., Vinokurova O.E. Digital Generation: Differences in Attitudes to Technology Between Students and their Parents 208
Glukhova K.P., Dubitskaya L.V., Pavlutskaya N.M. Artificial Intelligence in the Professional Development of a Physics Teacher in a Digital Educational Environment.....211
Kuznetsov V.A., Zasukhina L.V., Sesorova O.V. Destructive Impact of Harmful Addictions on Students' Life and Health..... 216
Nikitina M.A., Podymova L.S. Excursion and Museum Activities as a Form of Management of Cognitive Activity of Schoolchildren in the Context of Patriotic Education 220
Platonov A.A., Baishev I.I., Shergin G.N. "One Day in the Army" as an Effective Form of Pre-conscription Youth Training for Military Service 224
Ruzaikina N.N., Ermolaeva M.A., Shunyaeva E.A. Development of Physical Qualities in Volleyball Players..... 229
Salnikova A.S., Kapkaeva L.S., Lapin K.S. Formation of Research Skills of High School Students in the Process of Learning to Solve Non-standard Mathematical Problems 233

Professional Education

Kulanova A.A., Surina A.V. Development of a System of Indicators to Assess the Quality of Personnel Development in Educational Institutions in the Context of Digital Transformation.... 240
Safonova V.Yu., Tissen P.P. Motivation of Students of the Institute of Physical Culture and Sports to Master Additional Professional Programs..... 246
Semenov S.G., Arepyeva D.S., Fedorov S.S., Kazakov S.D. Full-cycle Student Design Bureau as an Effective Model for Integrating Education, Practice and Project Activities..... 250
Solnyshkina V.V., Dunayenko A.I., Igropulo I.F. Teacher Education as a Space for Forming Students' Civic and Patriotic Position..... 254
Shcherbatykh S.V., Yuryev D.Yu. Modeling and Modeling of an Individual Educational Route in Postgraduate Education of Oncological Surgeons 258

Contents

PROCEEDINGS OF THE XIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE "SCIENCE. SOCIETY. BUSINESS"

Theory and Methods of Training and Education

Doga I.V., Fortova L.K. Innovative Approaches to the Prevention of Delinquent Behavior of Adolescents in Modern Society 266

Kruchenko A.A., Melnikov D.A. Synchronization of Theoretical and Practical Training: Designing Integrated Modules in the New Higher Education System 270

Li Xiaokun, Marchenko G.V. Mechanisms of Formation of National Identity in Physical Education Lessons in the System of Compulsory Education in China 274

Markina P.V., Khidzhurova A.Kh. Modern Approaches and Methods of Teaching the Russian Language in Conditions of Multilingualism and Intercultural Communication 279

Шаломова Е.В., Зубкова А.М., Титова Д.А. Оценка адаптационного состояния студентов по параметрам электроэнцефалограммы 283

Professional Education

Garai K.Yu., Seliverstova E.N. The use of Simulation Models in the Formation of Subjective Cognition Experience of Medical Students Using the Example of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "PIMU" of the Ministry of Health of the Russian Federation 287

Guzenko K.S. Development of Creative Experience as a Pedagogical Condition for the Formation of an Innovative Culture of Future Specialists in the Field of Economics and Management 290

Li Minghui, Marchenko G.V. Regulatory and Legal Bases of Professional Training of Future Music Teachers for Patriotic Education of Schoolchildren Using Folk Music 295

Reztsova S.A., Poltorykhina A.A. Structural and Semantic Features of English Phraseological Units of the Semantic Field "Food" and Ways of Their Translation into Russian 300

Rybakova A.S., Salamatina I.I. AI Terminology Triangle: At the Intersection of Accuracy, Ethics, and Trust 304

Tikhanova N.E., Sergeeva M.G. The Potential of In-house Training in the Context of Continuing Education of Higher School Teachers 307

Environmental Safety in Construction

Guo Mingxu, Turkina N.R., Shin Shibo Investigation of Acoustic Characteristics of Metamaterials from Spiral Phonon Crystals 310

УДК 004.056.53

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО HID-ВВОДА НА ОСНОВЕ ОКОННОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

И.И. БОРИСЕНКО, Р.Б. ПЕТРИВ, И.А. СЕРЕГИН, Н.Л. СТОРОЖУК

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: BadUSB; клавиатурный почерк; *Isolation Forest*; обнаружение аномалий; *HID*-атаки; поведенческая биометрия; скользящее окно; машинное обучение.

Аннотация: Атаки класса *BadUSB* представляют серьезную угрозу информационной безопасности корпоративных систем. Принцип атаки заключается в том, что обычное на вид *USB*-устройство (например, флеш-накопитель) перепрограммируется так, чтобы операционная система воспринимала его как стандартную клавиатуру. После подключения такое устройство автоматически вводит вредоносные команды от имени пользователя, оставаясь невидимым для антивирусных программ, межсетевых экранов и систем контроля подключаемых устройств. Существующие средства защиты – белые списки разрешенных устройств по идентификаторам производителя и продукта, аппаратные блокираторы портов, а также детекторы, основанные на пороговой скорости ввода, – обладают существенными ограничениями: уязвимостью к подделке идентификаторов, высокой стоимостью внедрения и долей ложных срабатываний на уровне 15–20 %. Целью исследования является разработка методики обнаружения автоматизированного клавиатурного ввода на основе персонализированного анализа клавиатурного почерка пользователя – устойчивых индивидуальных особенностей ритма нажатий клавиш. В работе предложена методика, использующая шестимерный вектор временных характеристик ввода и алгоритм машинного обучения «изолирующий лес» (*Isolation Forest*), позволяющая отличать ввод человека от ввода вредоносного устройства. По результатам экспериментальной оценки достигнута точность распознавания 94,86 %, полнота обнаружения атак 95,33 %, а вероятность ложной блокировки легитимного пользователя снижена до 0,017 %. Практическая ценность работы состоит в возможности развертывания предложенного решения на типовых рабочих станциях без прав администратора и без модификации ядра операционной системы.

Введение

Атаки класса *BadUSB*, основанные на уязвимости *USB*-устройств из-за отсутствия у них защиты от перепрошивки, приводят к тому, что злоумышленник может изменить его исходную прошивку и заставить имитировать любое другое устройство. Например, запоминающие *USB*-устройства могут быть перепрограммированы таким образом, что будут восприниматься компьютером как клавиатура. Экспериментально доказано, что такое устройство обходит антивирус, межсетевой экран и белые списки *USB* одновременно [1]. В исследованиях по поведенческой биометрии показано, что временные характеристики клавиатурного ввода могут использоваться как устойчивые признаки пользователя при анализе клавиатурного почерка [2].

По данным ежегодного отчета компании *Verizon* за 2024 г., который содержит анализ реальных случаев утечек данных, изучение механизмов кибератак, их причин и способов защи-

Таблица 1. Сравнение классов устройств для реализации *HID*-атак

Параметр	Микроконтроллеры (*Rubber Ducky*, *DigiSpark*)	Одноплатные компьютеры (*Raspberry Pi Zero W*, *Orange Pi*)
Стоимость	1 500–12 000 руб.	3 000–8 000 руб.
Канал связи	Нет	*Wi-Fi* / *Bluetooth*
Тип ввода	Детерминированный (фиксированные задержки)	Адаптивный (имитация вариативности)
Сложность	Низкая (около 30 строк кода)	Высокая (*Linux*, сбор данных)
Детекция *BadUSB Guard*	Да, в рамках данной работы	Требует расширения метода

ты от них, физические векторы компрометации составили 8 % подтвержденных инцидентов [3]. По оценке *IBM Security*, средняя стоимость утечки данных достигла 4,88 млн долларов [4]. *Positive Technologies* зафиксировала рост атак через устройства взаимодействия с человеком (***HID***, англ. *Human Interface Device*) на 127 % за 2022–2024 гг. [5]. ФСТЭК России отнесла атаки через периферийные устройства к категории высокого риска [6], а Указ Президента РФ № 250 ввел дополнительные требования к информационной безопасности (**ИБ**) для критической инфраструктуры [7].

Сравнение оборудования для реализации атак через *HID*-устройства приведено в табл. 1.

Стоимость готовых средств для реализации подобных атак варьируется от 1 500 руб. за *DigiSpark* до 12 000 руб. за *O.MG Cable*. При этом существующие классы защит не обеспечивают полного решения проблемы. Например, аппаратные блокираторы стоимостью 5400–10800 руб. на одну рабочую станцию исключают подключение всех *USB*-устройств, включая легитимные [8; 9]. Белые списки уникальных идентификаторов, присвоенные каждому *USB*-устройству, обходятся путем их клонирования [1]. Коммерческие детекторы с фиксированным порогом скорости не различают быстрого машиниста и автоматизированный ввод, давая частоту ложных срабатываний (***FPR***, англ. *False Positive Rate*) 15 – 20% [10].

Альтернатива – анализ клавиатурного почерка: временных интервалов между нажатиями, уникальных для каждого пользователя [2]. По данным обзора *Shadman* и соавторов, время удержания клавиши у человека составляет 80–200 мс, у *HID*-устройства – 3–8 мс; время между последовательными нажатиями клавиш у человека составляет 50–300 мс, у устройства – 0,5–2 мс [11]. Разница в 20–100 раз.

Биометрические методы делятся на жесткие и мягкие [12]. К жесткой биометрии относятся отпечатки пальцев, изображение лица, радужная оболочка глаза – такие методы дают высокую точность, но требуют специализированного оборудования и связаны со значительными затратами на внедрение. Мягкая биометрия, к которой относится клавиатурный почерк, использует штатные устройства ввода и опирается на поведенческие характеристики пользователя. Принципиальным свойством клавиатурного ввода является его баллистичность (полуавтономность): после инициации движение пальца управляется не сознательным контролем, а нейромышечной программой, сформированной у пользователя за годы практики [12]. Это свойство делает клавиатурный почерк трудно подделываемым автоматизированным устройством, которое не обладает нейромоторной системой и формирует временные интервалы детерминированно.

Цель – разработать и экспериментально проверить методику обнаружения автоматизированного *HID*-ввода на основе оконного анализа клавиатурного почерка с неконтролируемым алгоритмом машинного обучения для обнаружения аномалий «изолирующий лес» (англ. *Isolation Forest*).

Научная новизна исследования заключается в разработке персонализированной методики обнаружения автоматизированного *HID*-ввода, сочетающей оконный анализ временных характеристик клавиатурного почерка, шестимерное статистическое признаковое пространство и механизм многоуровневого накопления страйков для снижения вероятности ложной блокировки. Практическая значимость работы состоит в возможности развертывания предложенного

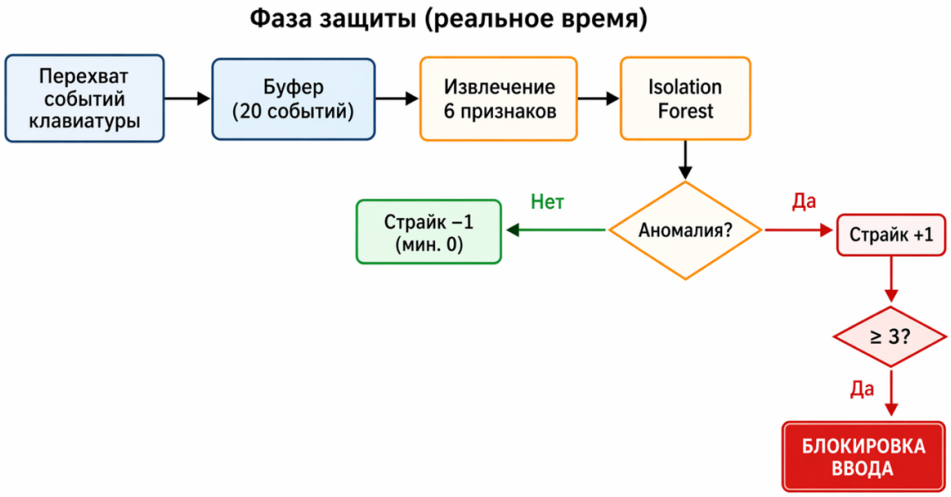

Рис. 1. Архитектура фазы защиты системы *BadUSB Guard*

решения на стандартных рабочих станциях без модификации ядра операционной системы и без предоставления привилегий администратора.

Материалы и методы

Испытательный стенд

Для экспериментальной проверки развернут виртуальный стенд на базе *Oracle VirtualBox* 7.0. Стенд включает две виртуальные машины в изолированной сети *Internal Network*.

Целевая ВМ: *Windows* 10 *Pro* 22*H*2, 2 *vCPU*, 4 ГБ *RAM*, *Python* 3.11.

Атакующая ВМ: *Kali Linux* 2024.1, 1 *vCPU*, 2 ГБ *RAM*.

Виртуализация не искажает результаты: гостевая ОС использует тот же *USB*/*HID*-стек, а латентность гипервизора (5–15 мс) не влияет при разрыве между человеком (80–200 мс) и устройством (3–8 мс).

Установка зависимостей прототипа системы *BadUSB Guard* выполнена штатным менеджером пакетов.

Архитектура системы

Система *BadUSB Guard* функционирует в двух фазах.

Фаза калибровки: пользователь набирает текст, система записывает временные метки. Минимум – 300 нажатий, рекомендуется 500+.

Фаза защиты: непрерывный перехват событий, формирование неперекрывающихся окон по 20 нажатий, извлечение признаков, классификация.

Схема фазы защиты представлена на рис. 1.

Калибровка и обучение модели

Процесс калибровки выполняется следующим образом: пользователь набирает текст в естественном темпе. После набора 514 нажатий (25 окон) модель *Isolation Forest* обучается за 47 мс.

Признаковый вектор

Шесть признаков:

1) *mean_dwell* – среднее время удержания клавиши (*dwell*) в миллисекундах;

2) *std_dwell* – стандартное отклонение времени удержания клавиши, характеризующее вариативность этого времени;

3) *max_dwell* – максимальное время удержания клавиши;

4) *mean_flight* – среднее время между нажатиями клавиш (*flight*) в миллисекундах;

5) *std_flight* – стандартное отклонение временных интервалов между нажатиями клавиш, показывающее вариативность этих интервалов;

6) *min_flight* – минимальное время между нажатиями клавиш (быстрейший переход между клавишами).

Наиболее информативен *std_flight*: у человека 30–80 мс, у *HID*-устройства менее 2 мс [11]. Признак *min_flight* ниже 30 мс – маркер автоматизации. Структура записываемых данных включает временные характеристики клавиатурного ввода, используемые для последующего формирования признакового пространства.

Классификатор

Isolation Forest – ансамблевый алгоритм обнаружения аномалий на случайных деревьях. Применение методов машинного обучения для

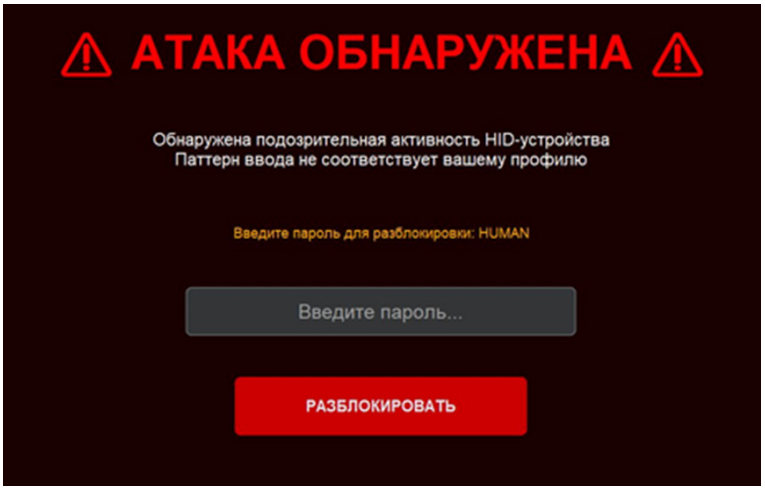

Рис. 2. Экран блокировки при подтвержденной атаке

анализа *USB*-устройств описано в исследованиях по анализу *USB*-периферии. Показано, что вредоносные устройства могут выявляться не только по программным признакам, но и по косвенным характеристикам их работы, например, по изменению энергопотребления [13]. Обзор современных работ по клавиатурной динамике показывает, что временные признаки ввода широко применяются для аутентификации, идентификации пользователя и анализа особенностей набора текста [14]. В качестве дальнейшего развития возможно рассмотреть распределенное дообучение модели без централизованной передачи пользовательских данных, что соответствует общему направлению федеративного машинного обучения [15]. Время предсказания $O(T \cdot log\ n) \approx 0{,}54$ мс.

При обучении использованы следующие параметры алгоритма: число деревьев в ансамбле (*n_estimators*) – 100; ожидаемая доля аномальных наблюдений в обучающей выборке (*contamination*) – 0,02; размер подвыборки для построения каждого дерева (*max_samples*) – выбирается автоматически в зависимости от объема данных.

Следует разграничить решаемую задачу с близкими по тематике работами. В исследовании Альотума и Красова [12] клавиатурный почерк используется для определения признаков конкретного пользователя – типа печатающей руки (одной или двумя руками выполняется набор) – на основе нейронной сети и законов кинематики. В настоящей работе решается принципиально иная задача – бинарная классификация типа источника ввода: легитимный пользователь или автоматизированное *HID*-устройство. Указанное различие задач определяет выбор алгоритма: для бинарной классификации с обучением только на нормальных данных применение *Isolation Forest* является более оправданным, чем нейронные сети, требующие размеченных данных обоих классов и больших вычислительных ресурсов.

Механизм страйков

Блокировка при 3 последовательных аномалиях счетчик страйков (*STRIKE_LIMIT* = 3). Нормальное окно декрементирует счетчик. P(ложная блокировка) = $0{,}055^3 \approx 0{,}000166$ (0,017 %).

Результаты и обсуждение

Режим нормальной работы

При легитимном вводе система работает в штатном режиме : индикатор угрозы – 0/3, проверенные окна классифицируются как «Норма».

Обнаружение атаки. При запуске скрипта эмуляции *HID*-ввода система фиксирует аномалию в первом же окне (рис. 3).

Anomaly score = – 0,074 указывает на существенное отклонение от профиля пользователя. Счетчик страйков увеличивается до 1/3.

После накопления трех последовательных аномалий система инициирует полноэкранную блокировку ввода (рис. 2). Для разблокировки требуется ввод пароля, известного легитимному пользователю.

Полный цикл обнаружения – от начала атаки до блокировки и разблокировки – зафиксирован в журнале событий (рис. 3). Вид-

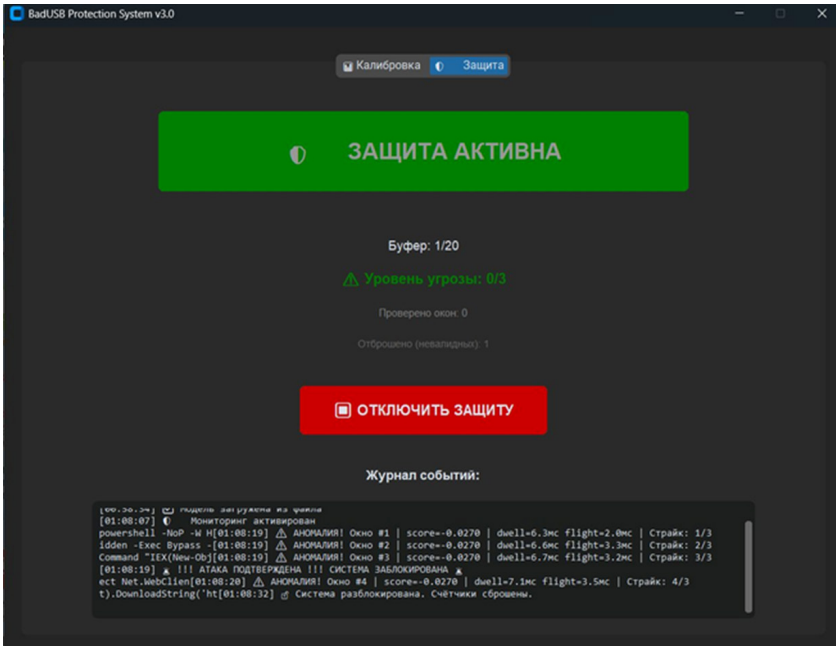

Рис. 3. Журнал событий: полный цикл обнаружения и блокировки атаки



Рис. 4. Матрица ошибок классификатора *BadUSB Guard*

Таблица 2. Матрица ошибок классификатора (N = 350 окон)

	Предсказано: Норма	Предсказано: Аномалия
Человек (N = 200)	TN = 189	FP = 11
HID (N = 150)	FN = 7	TP = 143

Таблица 3. Метрики качества классификации

Метрика	Значение	Целевое
Accuracy	94,86 %	≥ 90 %
Precision	92,86 %	≥ 90 %
Recall	95,33 %	≥ 90 %
$F1$-мера	94,10 %	≥ 90 %
FPR	5,50 %	≤ 10 %
P(ложн. блокировка)	0,017 %	≤ 0,1 %

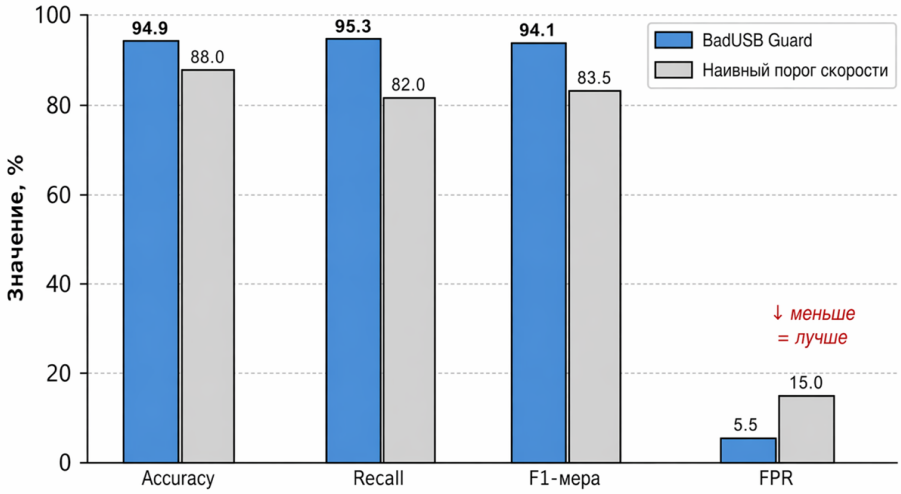

Рис. 5. Сравнение метрик *BadUSB Guard* и наивного порога скорости

Таблица 4. Сравнение с наивным детектором

Метрика	*BadUSB Guard*	Наивный порог
Accuracy	94,86 %	88,0 %
Recall	95,33 %	82,0 %
FPR	5,5 %	15,0 %
*F*1-мера	94,10 %	83,5 %

ны значения *dwell time* (6,3–7,1 мс) и *flight time* (2,0–3,5 мс), характерные для автоматизированного ввода.

Матрица ошибок на 350 тестовых окнах представлена на рис. 4 и в табл. 2.

Сравнение с наивным пороговым детектором представлено на рис. 5 и в табл. 4.

Производительность

Потребление ресурсов подтверждено замером в Диспетчере задач: *CPU* 0,1 %, *RAM* 125,3 МБ (включая интерпретатор *Python* и все зависимости). Время классификации окна – 0,54 мс. Задержка обнаружения: 1,2 с при 3000 симв/мин (*Rubber Ducky*), 14,4 с при 250 симв/мин.

Ограничения

Методика имеет три ограничения.

Первое: смена клавиатуры требует повторной калибровки (3–5 минут).

Второе: одноплатные компьютеры (*Raspberry Pi Zero W*) способны генерировать адаптивный ввод с вариативностью, приближенной к человеческой, – детекция таких атак требует расширения признакового пространства [16].

Третье: верификация на физическом оборудовании запланирована как ближайшая задача.

Выводы

1. Разработана методика обнаружения автоматизированного *HID*-ввода на основе шестимерного вектора временных характеристик клавиатурного почерка и алгоритма «изолирующий лес» (*Isolation Forest*). Методика обнаруживает как быстрые атаки со скоростью свыше 3000 символов в минуту, так и замедленные атаки с интервалом между нажатиями 50–80 мс.
2. Применение механизма последовательного накопления страйков позволило снизить вероятность ложной блокировки до 0,017 %.
3. В рамках эксперимента достигнуты следующие показатели качества: точность 94,86 %, полнота 95,33 %, *F*1-мера 94,10 %, доля ложных срабатываний 5,5 %.
4. Практическая ценность предложенного

решения заключается в возможности его применения в пространстве пользователя операционной системы при малых вычислительных затратах и без предоставления привилегий администратора.

5. Дальнейшее развитие работы связано с верификацией на физическом оборудовании, адаптивным дообучением модели и расширением метода на другие каналы пользовательского ввода.

Литература

1. Nicho, M. Bypassing Multiple Security Layers Using Malicious USB Human Interface Device / M. Nicho, I. Sabry // Proceedings of the 9th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP). – Lisbon, 2023. – P. 501–508.

2. Kasprowski, P. Biometric Identification Based on Keystroke Dynamics / P. Kasprowski, Z. Borowska, K. Harezlak // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – No. 9. – Art. 3158.

3. Verizon. 2024 Data Breach Investigations Report. – New York : Verizon Communications, 2024. – P. 23–27.

4. IBM Security. Cost of a Data Breach Report 2024. – Armonk : IBM Corporation, 2024. – P. 12–34.

5. Positive Technologies. Актуальные киберугрозы: итоги 2024 года. – М. : Positive Technologies, 2024. – С. 34–41.

6. ФСТЭК России. Обзор угроз информационной безопасности Российской Федерации. – М., 2024. – С. 18–25.

7. О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации : Указ Президента РФ от 01.05.2022 № 250.

8. Su, Z. USB-Watch: A Dynamic Hardware – Assisted USB Threat Detection Framework / Z. Su, H. Kalutarage, M. Kamali // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2023. – Vol. 18. – P. 1534–1547.

9. Griscioli, F. USBCaptchaIn: Preventing (Un)Authorized USB Connections to ICS / F. Griscioli, L. Ferretti, M. Pizzonia // Journal of Computer Security. – 2021. – Vol. 29. – No. 3. – P. 301–320.

10. Acien, A. BeCAPTCHA: Bot Detection via Keystroke Dynamics / A. Acien, A. Morales, J. Fierrez // IEEE Trans. on Biometrics, Behavior, and Identity Science. – 2022. – Vol. 4. – No. 1. – P. 75–86.

11. Shadman, R. Keystroke Dynamics: Concepts, Techniques, and Applications / R. Shadman, A.A. Wahab, M. Manno et al. // ACM Computing Surveys. – 2023. – Vol. 56. – No. 2. – P. 1–41.

12. Альотум, Ю.М.А.А. Мягкая биометрия для аутентификации и определения рук на основе использования клавиатуры / Ю.М.А.А. Альотум, А.В. Красов // Труды учебных заведений связи. – 2024. – Т. 10. – № 6. – С. 55–67. – DOI: 10.31854/1813-324X-2024-10-6-55-67.

13. Koffi, K.A. To (US)Be or Not to (US)Be: Discovering Malicious USB Peripherals through Neural Network-Driven Power Analysis / K.A. Koffi, C. Smiliotopoulos, C. Kolias, G. Kambourakis // Electronics. – 2024. – Vol. 13. – No. 11. – Art. 2117.

14. Roy, S. A Systematic Literature Review on Latest Keystroke Dynamics Based Models / S. Roy, J. Pradhan, A. Kumar et al. // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 92192–92236.

15. Wahab, O.A. Federated Machine Learning: Survey, Taxonomy, Applications / O.A. Wahab, A. Mourad, H. Otrok // IEEE Communications Surveys and Tutorials. – 2022. – Vol. 24. – No. 4. – P. 1923–1960.

16. AbdelRaouf, H. Efficient CNN – Based Keystroke Dynamics for User Authentication / H. AbdelRaouf, S.A. Chelloug, A. Muthanna et al. // Sensors. – 2023. – Vol. 23. – No. 10. – P. 4898–4916.

References

5. Positive Technologies. Aktualnye kiberugrozy: itogi 2024 goda. – M. : Positive Technologies, 2024. – S. 34–41.

6. FSTEK Rossii. Obzor ugroz informatsionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii. – M., 2024. – S. 18–25.

7. O dopolnitelnykh merakh po obespecheniyu informatsionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii : Ukaz Prezidenta RF ot 01.05.2022 № 250.

12. Alotum, YU.M.A.A. Myagkaya biometriya dlya autentifikatsii i opredeleniya ruk na osnove ispolzovaniya klaviatury / YU.M.A.A. Alotum, A.V. Krasov // Trudy uchebnykh zavedenij svyazi. – 2024. – T. 10. – № 6. – S. 55–67. – DOI: 10.31854/1813-324X-2024-10-6-55-67.

© И.И. Борисенко, Р.Б. Петрив, И.А. Серегин, Н.Л. Сторожук, 2026

УДК 004.942:519.218

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ С ОЦЕНКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Д.А. ВОЛКОВ, М.В. ИЛЮХИН

ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», г. Москва

Ключевые слова и фразы: тренажеры; обучение; адаптивное обучение; образовательная аналитика; гребневая регрессия; распределение Вейбулла – Гнеденко; теория надежности; цензурирование; метод максимального правдоподобия; прогнозирование.

Аннотация: Развитие цифровых образовательных платформ для подготовки специалистов нефтегазовой отрасли обусловливает важность создания инструментов управления процессом обучения. Цель исследования – разработать и оценить математические модели поддержки процесса обучения для веб-приложения изучения профессионального иностранного языка нефтегазовой отрасли. Решены задачи формализации прогнозирования результата обучаемого и построения модели надежности с оценкой параметров при цензурировании. Для достижения цели использованы методы регрессионного анализа, теории надежности и анализа выживаемости. В результате предложены две взаимодополняющие модели: первая прогнозирует результат обучаемого и формирует персональные цели и мотивационные вознаграждения, вторая диагностирует фазу обучения и вероятность незавершения курса на основе распределения Вейбулла – Гнеденко. Показано, что регрессионная модель статистически значимо превосходит базовый прогноз (коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}71$), а модель надежности чувствительна к сложности курса. Предложенные модели инвариантны к выбору языка для обучения, а также переносимы на другие предметные области.

Введение

Знание английского языка является неотъемлемой частью компетенций специалиста нефтегазовой отрасли: коммуникация с зарубежными партнерами, работа с технической документацией и инструкциями по эксплуатации оборудования требуют уверенного владения языком.

Ряд международных компаний предъявляет к сотрудникам требование уровня не ниже *B*2. При этом профессиональный нефтегазовый английский насыщен узкоспециализированной терминологией и аббревиатурами, ошибочное понимание которых сопряжено с технологическими и производственными рисками.

Эффективным инструментом подготовки специалистов выступают цифровые обучающие приложения с элементами геймификации, повышающие мотивацию и вовлеченность обучаемого [1; 2]. Вместе с тем анализ существующих решений показывает, что массовые приложения для изучения языков практически не предоставляют преподавателю инструментов количественного контроля качества обучения. На пересечении трех характеристик – геймификации, отраслевой специализации и преподавательской аналитики – образуется незаполненная ниша. Исследованием количественного контроля образовательного процесса занимается образовательная аналитика [3]. Существующие подходы к моделированию знаний обучаемого, такие как байесовское отслеживание знаний (***BKT***) и его нейросетевое обобщение (***DKT***), позволяют оценивать степень освоения отдельных этапов учебного процесса, при этом слабо интерпрети-

руемы и требуют значительного объема данных для обучения [4].

Для устранения указанного пробела разработано веб-приложение *OilLang*, реализующее обе группы возможностей, а также предложены две математические модели поддержки образовательного процесса. Первая модель ориентирована на обучаемого и обеспечивает индивидуализированную поддержку в режиме реального времени, вторая предназначена для преподавателя и обеспечивает проактивный контроль качества обучения. Совместно они реализуют двойственную задачу адаптивного обучения.

Научная новизна работы состоит в совместном применении двух моделей к процессу обучения иностранному языку: регрессионного анализа и теории надежности. В отличие от нейросетевых подходов, предложенные модели интерпретируемы, не требуют большого объема обучающих данных и могут быть перенесены на другие предметные области. Целью настоящей работы является разработка указанных моделей и их программная реализация.

Модель адаптивной траектории обучения

Пусть для обучаемого u в момент времени t доступна последовательность завершенных уроков, каждому из которых сопоставлен кортеж наблюдений $(y_j, \tau_j, \Delta_j, \rho_j)$, где $y_j \in [0; 100]$ – итоговый балл за урок, τ_j – момент завершения, Δ_j – продолжительность прохождения, $\rho j \in [0; 1]$ – доля верных ответов с первой попытки. Требуется построить оценку $\hat{y}_{n+1}$ ожидаемого балла на следующем уроке. Для каждого момента n формируется вектор признаков $\mathbf{x}_n \in \mathbb{R}^p$, агрегирующий историю обучаемого и включающий шесть содержательных компонент: скользящее среднее балла за последние k уроков, скользящую точность ответов, темп прохождения, среднее время прохождения урока, интервал между последовательными уроками и длину серии активных дней. Скользящее среднее балла и темп вычисляются по формулам (1), (2):

$$\bar{y}_n^{(k)} = \frac{1}{k} \sum_{i=n-k+1}^{n} y_i, \tag{1}$$

$$v_n = \frac{n}{\tau_n - \tau_1}, \tag{2}$$

где принято $k = 5$ – горизонт «недавней истории» обучаемого. Все признаки доступны через программный интерфейс реализованных модулей без дополнительных обращений к базе данных.

В качестве метода прогнозирования используется линейная регрессия с гребневой (L_2) регуляризацией $\hat{y}_{n+1} = \beta_0 + \sum_{j=1}^{p} \beta_j x_n^{(j)}$. Параметры β оцениваются минимизацией суммы квадратов отклонений со штрафом на норму коэффициентов, что приводит к замкнутому аналитическому решению, формула (3):

$$\hat{\beta} = \left(X^T X + \alpha I \right)^{-1} X^T y, \tag{3}$$

где X – матрица признаков обучающей выборки, y – вектор целевых значений, $\alpha > 0$ – гиперпараметр регуляризации, I – единичная матрица. Выбор гребневой регрессии, а не моделей большей емкости, мотивирован спецификой данных: малый объем обучающей выборки на ранних этапах не позволяет обучать нелинейные модели без переобучения, а корреляция признаков приводит к мультиколлинеарности. Добавление слагаемого αI к матрице $X^T X$ устраняет вырожденность и стабилизирует решение, сохраняя интерпретируемость коэффициентов, важную для объяснения результата преподавателю [5]. На ранних уроках объем истории недостаточен для надежного прогноза, поэтому при $n < 3$ применяется тривиальный фолбэк – прогноз как простое среднее предыдущих результатов $\hat{y}_{n+1} = \bar{y}_n$. На основе прогноза и фактического результата формируется адаптивное вознаграждение. Во избежание шума используется нормирование отклонения по стандартному отклонению (z-преобразование) в соответствии с формулами (4) и (5):

$$z_{n+1} = \frac{y_{n+1} - \bar{y}_n^{(k)}}{\max\left(\sigma_n^{(k)}, \sigma_{\min}\right)}, \tag{4}$$

$$bonus(z) = \begin{cases} 0, & z \le 1, \\ \min\left(\left|k_b z\right|, B_{\max}\right), & z > 1, \end{cases} \tag{5}$$

где $\sigma_n^{(k)}$ – скользящее стандартное отклонение баллов, σ_{min} – нижняя граница, защищающая от деления на ноль, k_b – коэффициент пересчета, B_{max} – верхняя граница. Условие $z > 1$ означает, что вознаграждение начисляется лишь при превышении собственного среднего обучаемо-

го на одно стандартное отклонение и более, что статистически соответствует «личному рекорду». Помимо одномоментного бонуса, модель формирует персональные цели вида «пройти n_T уроков за время T со средним баллом y^*», параметры которых адаптируются под индивидуальный темп: $n_T = max(2, \lceil v_n T \cdot 0{,}7 \rceil)$, а целевой балл y^* устанавливается чуть выше прогнозируемого, что соответствует принципу зоны ближайшего развития [6].

Модель надежности процесса обучения

Применение аппарата теории надежности [7; 8] к обучению требует определения понятия отказа. Отказом в момент t называется событие $y_t < y_{th}$, где y_t – балл за урок номер t, а y_{th} – пороговое значение (в работе принято $y_{th} = 70$ из 100). В качестве аналога времени используется порядковый номер урока t, что обеспечивает устойчивость к нерегулярности расписания обучаемого.

Пусть случайная величина T – номер урока первого отказа. Постулируется, что T имеет распределение Вейбулла – Гнеденко с функцией надежности (вероятностью безотказного прохождения до урока t) и интенсивностью отказов, формулы (6) и (7):

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\lambda} \right)^k \right], \quad (6)$$

$$h(t) = \frac{k}{\lambda}\left(\frac{t}{\lambda} \right)^{k-1}, \quad (7)$$

где $\lambda > 0$ – параметр масштаба, $k > 0$ – параметр формы. Параметр формы имеет прямую содержательную интерпретацию через три фазы обучения: при $k < 1$ интенсивность отказов убывает (фаза приработки – обучаемый ошибается чаще в самом начале, затем стабилизируется); при $k \approx 1$ интенсивность постоянна (стационарная фаза); при $k > 1$ интенсивность нарастает (фаза износа – нарастающая сложность материала или утомление).

Параметры $\hat{\lambda}, \hat{k}$ оцениваются методом максимального правдоподобия. Принципиальной особенностью образовательного применения является правостороннее цензурирование: часть выборки составляют активные обучаемые, еще не допустившие отказа на текущей позиции t_i^*. Игнорирование таких наблюдений систематически смещает оценку в сторону меньших значений. При наличии цензурирования логарифмическая функция правдоподобия принимает вид, представленный в формуле (8):

$$\ln \mathcal{L}(\lambda, k) = \sum_{i \in \mathcal{O}} \ln f\left(t_i; \lambda, k\right) + \sum_{i \in \mathcal{C}} \ln R\left(t_i^*; \lambda, k\right), \quad (8)$$

где $\mathcal{O}$ – множество наблюденных отказов, $\mathcal{C}$ – множество цензурированных наблюдений, f – плотность распределения. В программной реализации применяется библиотека *lifelines* [9], поддерживающая все формы цензурирования. На основе оцененных параметров вычисляется средняя наработка до отказа $MTTF = \lambda \cdot \Gamma(1 + 1/k)$, где $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функция, и условная вероятность безотказного прохождения следующих m уроков $P(T > t_0 + m \mid T > t_0) = R(t_0 + m)/R(t_0)$, используемая для генерации рекомендаций преподавателю.

На дискретной шкале короткого курса оценка $\hat{k}$ смещена в сторону больших значений, поэтому для классификации фазы используется эмпирический критерий – средняя позиция отказа $\overline{t}_f$ относительно середины курса: фаза приработки при $\overline{t}_f < 0{,}43T$, фаза износа при $\overline{t}_f > 0{,}57T$ и стационарная фаза в остальных случаях, где T – длина курса в уроках. Тем самым распределение Вейбулла применяется двояко: параметрически – для расчета $R(t)$ и $MTTF$, и эвристически – для устойчивой классификации фазы; строгий подход потребовал бы дискретного распределения Вейбулла без принципиального выигрыша на коротких курсах. Дополнительно для каждого обучаемого рассчитывается коэффициент готовности (доля активных дней) и дискретный уровень риска на основе значения $R(t_0)$ за последние уроки, выводимый преподавателю в виде цветовых индикаторов. В качестве примера может быть рассмотрен обучаемый из синтетической выборки, проходящий курс из $N = 15$ уроков при пороге $y_{th} = 70$. Зафиксированы четыре отказа на уроках {3, 5, 7, 9}, уроки 11–15 представляют правостороннее цензурирование. Оценка методом максимального правдоподобия с учетом цензурирования дает $\hat{k}$ =1,4 и $\hat{\lambda}$ = 8,2 урока, что формально соответствует фазе износа.

Средняя наработка до отказа составляет $MTTF = 8{,}2 \cdot \Gamma(1{,}71) \approx 7{,}5$ урока; функция надежности к десятому уроку равна $R(10) \approx 0{,}29$, то есть вероятность пройти десять уроков без еди-

Таблица 1. Сравнение метрик качества предсказания регрессионной модели

Модель	*RMSE*	*MAE*	*R*2
Ridge-регрессия (кросс-валидация)	4,83	3,85	0,71
Базовый прогноз (среднее)	8,97	7,42	0,00

ного отказа составляет лишь 29 % – сильный индикатор группы риска. Условная вероятность безотказного прохождения уроков 11–13 равна $R(13)/R(10) \approx 0{,}48$, что ниже порога 0,5, и система генерирует рекомендацию преподавателю о назначении дополнительных подготовительных заданий. Коэффициент готовности обучаемого составляет 0,71 (10 активных дней из 14). Сочетание высокого коэффициента готовности при низкой надежности позволяет преподавателю различить два кейса: обучаемый занимается регулярно, но не усваивает сложный материал (как в данном случае), либо занимается редко. В первом случае рекомендуются дополнительные методические материалы, во втором – мотивационные напоминания. Тем самым модель формирует содержательную рекомендацию к действию.

Апробация и результаты

Апробация моделей проведена на синтетических данных, сгенерированных детерминированным генератором на основе модели Раша [10], описывающей вероятность правильного ответа через разность способности обучаемого и сложности задания. Выборка включала тридцать обучаемых трех архетипов, проходящих курс из пятнадцати уроков. Качество модели адаптивной траектории оценивалось пятиблочной кросс-валидацией в сравнении с базовым прогнозом (предсказанием среднего). Результаты представлены в табл. 1.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}71$ против нулевого значения у базового прогноза свидетельствует о том, что модель улавливает реальную динамику обучения, а не воспроизводит среднее. Модель надежности продемонстрировала чувствительность к сложности курса: при переходе от базового трека к усложненному оценка параметра формы возрастает с 1,92 до 2,65 (на 38 %), то есть фаза износа усиливается. Это означает, что модель оценивает не только обучаемого, но и качество проектирования учебного материала. Поскольку обе модели используют в качестве признаков метрики процесса обучения, а не лингвистический контент, они язык-независимы и переносимы на другие предметные области с пошаговой структурой и измеримым результатом.

Применение моделей в веб-приложение OilLang

Приложение *OilLang* построено по архитектуре «клиент – сервер». Серверная часть реализована на языке *Python* с использованием фреймворка *FastAPI*; хранение данных обеспечивает реляционная СУБД *PostgreSQL*, доступ к которой осуществляется через объектно-реляционное отображение *SQLAlchemy*. Клиентская часть представляет собой одностраничное веб-приложение на основе библиотеки *React* и языка *TypeScript*. Бизнес-логика сервера разделена на функциональные модули, среди которых выделяются модуль прогресса, фиксирующий прохождение уроков, модуль геймификации и модуль аналитики. Система ориентирована на три роли пользователей: обучающийся, преподаватель и администратор. Центральное с научной точки зрения место занимает модуль аналитики, реализующий обе математические модели. Существенной архитектурной особенностью является разделение чтения и записи: модуль аналитики только считывает историю прохождений и формирует прогнозы, тогда как изменение состояния происходит исключительно при завершении урока в рамках транзакции, благодаря чему ресурсоемкие расчеты не препятствуют обучению. Обе рассмотренные модели реализованы в составе веб-приложения *OilLang*. Результаты работы модели адаптивной траектории представлены обучаемому на главном экране (рис. 1). Виджет адаптивной цели отображает персональную цель – пройти заданное число уроков со средним баллом не ниже порогового за отведенное временно́е окно – и связанное с ней мотивационное вознаграждение в очках опыта; виджет прогноза показывает предсказанный балл за следующий урок,



Рис. 1. Главный экран обучающегося с виджетами адаптивной цели и прогнозом результата следующего урока

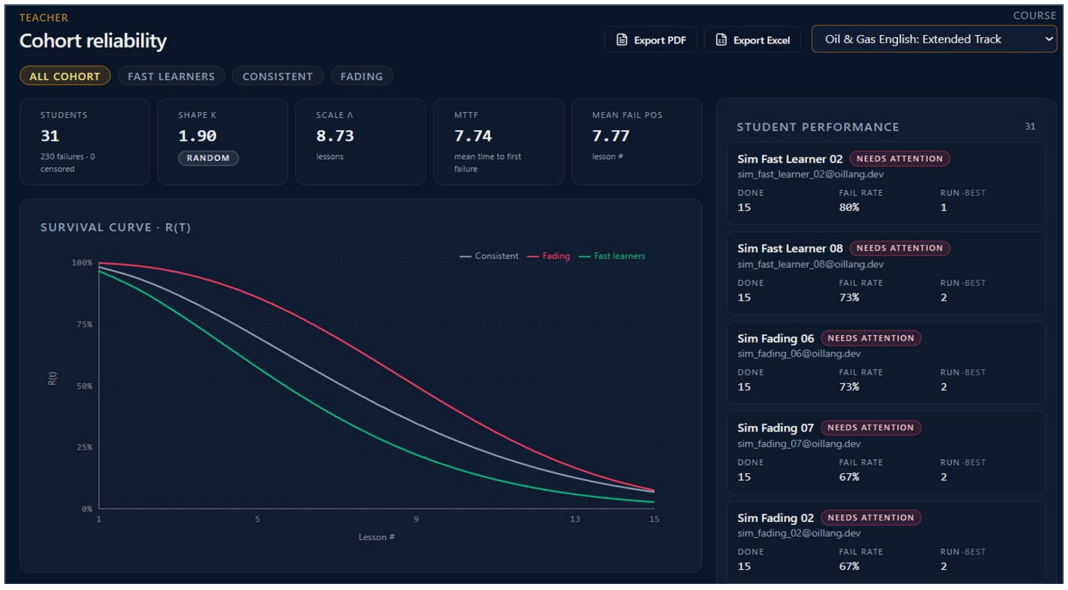

Рис. 2. Панель преподавателя

скользящее среднее, темп занятий и используемую версию модели. Результаты работы модели надежности доступны преподавателю на панели анализа надежности когорты (рис. 2). Панель отображает оцененные параметры распределения Вейбулла – Гнеденко – параметр формы k, параметр масштаба λ, среднюю наработку до отказа *MTTF* и среднюю позицию отказа, кривые надежности $R(t)$ для выделенных архетипов обучаемых, а также список студентов с индикаторами риска. На основании этих показателей система формирует рекомендации по работе с обучаемыми из группы риска и по структуре курса.

Заключение

Предложены и реализованы две взаимодо-

полняющие математические модели поддержки образовательного процесса: модель адаптивной траектории на основе гребневой регрессии, обеспечивающая индивидуализированную поддержку обучаемого в реальном времени, и модель надежности на основе распределения Вейбулла – Гнеденко, переносящая аппарат теории надежности на учебный процесс и дающая преподавателю средства проактивного контроля качества обучения. Апробация на синтетических данных подтвердила работоспособность моделей: регрессионная модель показала статистически значимое превышение базового прогноза (R^2 = 0,71), а модель надежности – чувствительность к сложности курса.

Перспективными направлениями являются апробация на реальных данных обучающихся и адаптивный подбор сложности следующего урока на основе прогноза модели.

Литература

1. Караваев, Н.Л. Совершенствование методологии геймификации учебного процесса в цифровой образовательной среде : монография / Н.Л. Караваев, Е.В. Соболева. – Киров : Вятский государственный университет, 2019. – 105 с.

2. Deterding, S. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamifi-Cation” / S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. – New York : ACM, 2011. – P. 9–15.

3. Wintermute, E.H. A survival model for course-course interactions in a Massive Open Online Course platform / E.H. Wintermute, M. Cisel, A.B. Lindner // PLoS ONE. – 2021. – Vol. 16(1). – P. e0245718. – DOI: 10.1371/journal.pone.0245718.

4. Piech, C. Deep knowledge tracing / C. Piech, J. Bassen, J. Huang, S. Ganguli, M. Sahami, L.J. Guibas, J. Sohl-Dickstein // Advances in Neural Information Processing Systems, 2015. – P. 505–513.

5. Hastie, T. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction : 2nd ed. / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. – New York : Springer, 2009. – 745 p.

6. Выготский, Л.С. Мышление и речь / Л.С. Выготский. – М. : Лабиринт, 1999. – 352 с.

7. Волков, Д.А. Надежность технических и программных систем : учеб. пособие / Д.А. Волков, В.Н. Русев. – М. : РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. – 1,65 Мб. – Электрон. издан.

8. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. – М. : Российский институт стандартизации, 2021. – 24 с.

9. Davidson-Pilon, C. lifelines: survival analysis in Python / C. Davidson-Pilon // Journal of Open Source Software. – 2019. – Vol. 4(40). – P. 1317.

10. Rasch, G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests / G. Rasch. – Copenhagen : Danish Institute for Educational Research, 1960. – 184 p.

References

1. Karavaev, N.L. Sovershenstvovanie metodologii gejmifikatsii uchebnogo protsessa v tsifrovoj obrazovatelnoj srede : monografiya / N.L. Karavaev, E.V. Soboleva. – Kirov : Vyatskij gosudarstvennij universitet, 2019. – 105 s.

6. Vygotskij, L.S. Myshlenie i rech / L.S. Vygotskij. – M. : Labirint, 1999. – 352 s.

7. Volkov, D.A. Nadezhnost tekhnicheskikh i programmnykh sistem : ucheb. posobie / D.A. Volkov, V.N. Rusev. – M. : RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina, 2023. – 1,65 Mb. – Elektron. izdan.

8. GOST R 27.102–2021. Nadezhnost v tekhnike. Nadezhnost obekta. Terminy i opredeleniya. – M. : Rossijskij institut standartizatsii, 2021. – 24 s.

© Д.А. Волков, М.В. Илюхин, 2026

УДК 004.932:625.76

ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДБОР КЛЮЧЕВЫХ КАДРОВ ВИДЕОРЯДА ДЛЯ ВЫБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

А.Д. ДЕРЕВЕНСКОВ, С.С. ШАПОВАЛОВ, И.В. ОСАДЧИЙ, Т.А. СОБОЛЕВСКАЯ

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

Ключевые слова и фразы: анализ качества автодороги; видеоаналитика дорожного полотна; дедупликация данных; диагностика автомобильных дорог; компьютерное зрение; обработка изображений; оценка состояния автодороги; распознавание дефектов покрытия; снижение вычислительной нагрузки.

Аннотация: В современном дорожном хозяйстве крайне важно оперативно и объективно оценивать состояние автомобильных дорог. Возрастающий транспортный поток приводит к интенсивному износу покрытия, что требует современных методов мониторинга. Технологии компьютерного зрения предоставляют возможность автоматизировать процесс анализа и повысить его точность. В статье рассматривается один из классических подходов анализа качества дорожного покрытия, а также обосновывается необходимость его совершенствования.

Цель исследования заключается в снижении вычислительной нагрузки и исключении дублирующихся кадров при анализе дорожного покрытия. Задачей исследования является разработка метода динамического подбора ключевых кадров, работающего на основе определенной зависимости количества кадров слияния от скорости движения. Для достижения цели исследования применяется разработанный метод динамического подбора ключевых кадров видеоряда для выборочной обработки изображений в задаче анализа качества дорожного покрытия. Гипотеза исследования: метод динамического подбора ключевых кадров позволяет сократить время формирования объективной оценки состояния автомобильных дорог путем снижения вычислительной нагрузки, основанного на исключении дублирующих друг друга кадров видеоряда. По итогам проведенного исследования достигнуты следующие результаты: определена зависимость количества кадров слияния от скорости движения, разработан метод динамического подбора ключевых кадров видеоряда для выборочной обработки изображений в задаче анализа качества дорожного покрытия.

С каждым годом все более значимую роль в современном обществе приобретает проблема качества автомобильных дорог, связанная с безопасностью и транспортно-эксплуатационными характеристиками одной из важных отраслей экономики. Государственным стандартом РФ (ГОСТ Р 50597-2017) [1] установлены требования к параметрам и характеристикам эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования, допустимого по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Данные требования направлены на обеспечение безопасности дорожного движения, сохранение жизни, здоровья и имущества населения.

Появление дефектов дорожного покрытия обусловлено множеством факторов и является неизбежным на данный момент. Долговременные разрушения появляются в результате совместного воздействия повторяющихся транспортных нагрузок в сочетании с погодно-климатическими условиями.

Для минимизации количества дефектов верхнего дорожного покрытия разрабатывают-

ся, модифицируются и улучшаются системы мониторинга, позволяющие проанализировать состояние дорожного покрытия, сформировав актуальную и объективную оценку [2–3] качества автодорог.

К основным системам мониторинга дорожного полотна можно отнести следующие решения:

– вибрационная диагностика (акселерометрия) [4];

– георадиолокационное зондирование (георадар) [5];

– лазерное 3*D*-сканирование [6–7];

– тепловизионный метод (термография) [8];

– использование *AR*-инструментов [9];

– ультразвуковое измерение [10];

– традиционные инструментальные и физические методы;

– навигационные и телематические комплексы [11];

– системы, основанные на компьютерном зрении.

Все чаще исследователи со всего мира сталкиваются с различными вызовами в процессе изучения данной предметной области. Например, в зарубежной публикации *Predicting road quality using high resolution satellite imagery*: *A transfer learning approach* [12] авторы сталкиваются с проблемой недостаточности набора данных для полноценного обучения нейросетевой модели. По мнению исследователей, признавая важность дорожной инфраструктуры для экономического развития, субъекты по всему миру регулярно инвестируют как в новые дороги, так и в улучшение существующих. Однако, порой, наблюдается скудность или полное отсутствие точной информации о существующей дорожной инфраструктуре, что затрудняет эффективное определение того, куда следует вкладывать инвестиции. Предыдущая литература авторов была сосредоточена на преодолении этого пробела с помощью использования спутниковых снимков для обнаружения и картирования дорог. В этой статье они расширяет литературу, используя спутниковые снимки для оценки качества дорог и сопутствующую информацию о скорости движения. Ученые применяют подход переноса обучения, в котором архитектура сверточной нейронной сети сначала обучается на данных, собранных в Соединенных Штатах (где данные легко доступны), а затем «настраивается» на независимом, меньшем наборе данных, собранном из Нигерии. Исследователи тестируют и сравнивают восемь различных архитектур сверточных нейронных сетей, используя набор данных из 53 686 изображений 2400 километров дорог в Соединенных Штатах, в которых каждый сегмент дороги измеряется как «низкое», «среднее» или «высокое» качество с использованием «открытой измерительной платформы» на базе мобильного телефона. Используя спутниковые снимки для оценки этих классов, авторы достигли точности 80,0 %, при этом 99,4 % прогнозов попадали в фактический или смежный класс. Самая высокопроизводительная базовая модель была применена к предварительному исследованию случая в Нигерии с использованием набора данных из 1000 изображений асфальтированных и грунтовых дорог. Адаптировав свою модель США на основе этих специфичных для Нигерии данных, исследователи смогли достичь точности 94,0 % в прогнозировании качества нигерийских дорог. Непрерывная оценка также показала способность в среднем прогнозировать качество дороги с точностью до 0,32 по шкале от 0 до 3 (более высокие значения указывают на более высокий уровень качества).

В следующей обозреваемой публикации на иностранном языке *A robust approach for road pavement defects detection and classification* [13] авторами было поставлено в качестве цели предложение надежного подхода к построению системы компьютерного зрения для обнаружения и классификации дефектов дорожного покрытия на основе таких признаков, как контур признака (гистограмма цепного кода, *Hu-moment*), форма объекта (длина, ширина, площадь). В данной работе авторами был представлен метод построения автоматизированной системы для обнаружения и классификации различных типов дефектов, таких как разрыв края дороги, выбоины, просадочные углубления, на основе методов обработки изображений и методов машинного обучения. Эта система включает в себя следующие шаги. Во-первых, следует определить положения дефекта (***ROI***), затем дефект должен быть описан его признаками. Наконец, каждый дефект классифицируется этими различными признаками дефекта. В предложенном авторами подходе используются следующие алгоритмы: Марковские случайные поля и метод графических разрезов для сегментации изображений, алгоритм случайных лесов

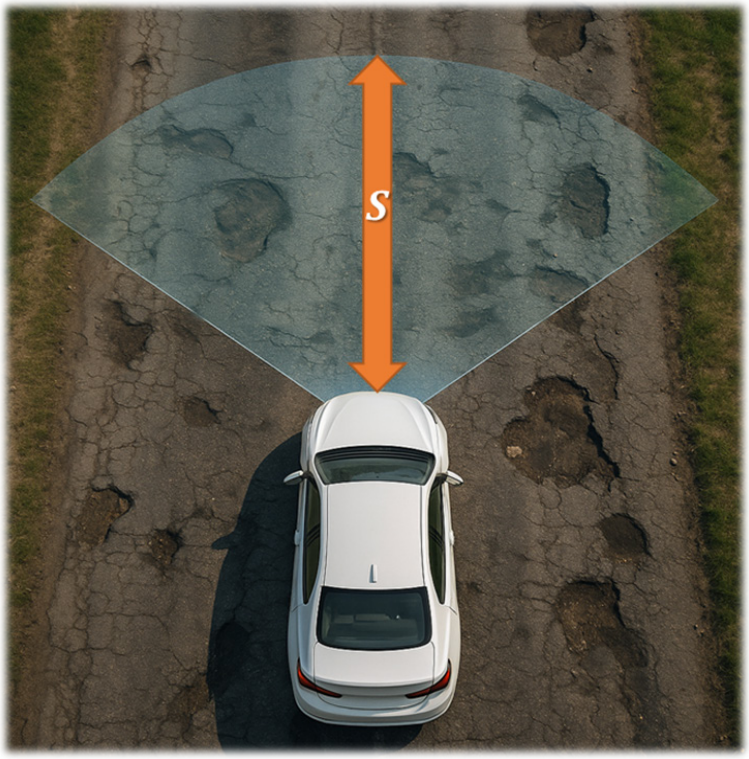

Рис. 1. Визуализация области захвата камеры

для классификации данных.

В рамках данной работы наиболее важными являются системы, реализующие возможность распознавания, классификации и сегментации дефектов дорожного покрытия с использованием компьютерного зрения.

Одним из классических методов обработки последовательности снимков является покадровое распознавание (*frame-by-frame*), в котором каждый кадр рассматривается и анализируется как отдельное изображение. Покадровое распознавание можно отнести к базовому подходу, требующему значительной оптимизации, т.к. при избыточной частоте видеосъемки в конкретный момент времени система фактически обрабатывает множество лишних кадров, являющихся, по сути, дублями и не приносящих новой информации. Например, при скорости фиксирующего устройства в 60 км/ч с частотой съемки, равной 60 к/с, за 6 секунд будет пройдена дистанция в 100 метров и накоплено 360 изображений, подлежащих анализу, что, безусловно, является избыточным для такого расстояния. Избыток становится значительнее при увеличении частоты съемки и/или при снижении скорости движения, например, перед искусственной неровностью. Приведенные исходные данные будут использованы далее для демонстрации расчета параметра β.

В качестве одного из примеров решения данной проблемы следует привести подход на основе модели движения в комплексе с алгоритмом целераспределения [14], где в качестве модели используется фильтр Калмана, а целераспределения – венгерский алгоритм (алгоритм Куна – Манкреса). Основная идея метода межкадровой ассоциации и отслеживания объектов (*tracking*) заключается в выделении и сохранении набора идентификаторов, каждый из которых связан с конкретным повреждением, и в динамическом обновлении их на основе новых данных по каждому из кадров. Под ассоциацией понимается определение венгерским алгоритмом совпадения дефекта текущего кадра с дефектом из последующего фрейма. В свою очередь, фильтр Калмана отвечает за прогнозирование будущего положения, а именно, за изменение координат и скорости существующих, идентифицированных дефектов на следующих кадрах видеопотока.

В настоящей статье автором предлагается модификация покадрового распознавания на ос-

нове динамического подбора ключевых кадров видеоряда для выборочной обработки.

Пусть при автоматизированном контроле состояния дорожного покрытия используется видеосистема, установленная на транспортном средстве (**ТС**), движущемся со скоростью ν, камера осуществляет непрерывную съемку поверхности автодороги с частотой F_c и длиной участка дорожного покрытия, находящегося в зоне распознавания, равным S.

Для повышения эффективности обработки видеоданных и уменьшения вычислительной нагрузки предлагается объединять подпоследовательности кадров в ключевые кадры, каждый из которых формируется из нескольких идущих друг за другом изображений. Задача заключается в динамическом выборе ключевых кадров, то есть в определении количества кадров β, которые необходимо объединить в один ключевой фрейм.

Основными параметрами модели являются:

– F_c – частота кадров камеры, кадр/с;

– v – скорость движения измерительного комплекса, м/с;

– ν – скорость движения, км/ч;

– S – длина участка дорожного покрытия, находящегося в зоне распознавания, м;

– *Const* C = 3,6 – коэффициент перевода скорости из км/ч в м/с;

– β – количество снимков, объединяемых в один ключевой кадр.

Время, в течение которого участок S находится в поле зрения системы, определяется в следующем виде:

$$t = \frac{S}{v},$$

где t – время наблюдения участка дороги, с.

Для задания скорости в м/с используется преобразование:

$$v = \frac{\nu}{C},$$

тогда t равняется:

$$t = \frac{S}{\nu/C} = \frac{SC}{\nu}.$$

За время t камера регистрирует некоторое количество изображений. Число полученных кадров определяется произведением частоты съемки на время наблюдения:

$$\beta = F_c t.$$

Итоговая модель для расчета β после подстановки выражения для t принимает вид:

$$\beta = \frac{F_c SC}{\nu}.$$

Полученное выражение показывает, что количество кадров, используемых для формирования одного ключевого изображения:

– прямо пропорционально частоте кадров камеры F_c;

– прямо пропорционально длине зоны распознавания S;

– обратно пропорционально скорости движения системы ν.

Таким образом:

– при увеличении скорости движения время наблюдения уменьшается, что приводит к уменьшению количества получаемых кадров;

– увеличение частоты кадров позволяет повысить плотность наблюдения;

– увеличение длины зоны анализа приводит к увеличению количества доступных изображений.

Фактически параметр β равен количеству кадров, снятых камерой, пока система проходит зону анализа.

Ниже приведен график зависимости β от ν (рис. 2), из которого следует, что

$$\beta = \frac{F_c SC}{\nu} \Rightarrow \beta\nu = F_c SC \Rightarrow \nu = \frac{F_c SC}{\beta},$$

при $\beta \geq \beta_{min} = 1$

$$v \leq F_c S \Leftrightarrow \nu \leq F_c SC.$$

Произведем расчет на реальных данных, приведенных в качестве примера выше:

– F_c = 60 к/с;

– ν = 60 км/ч;

– S = 5 м;

– β = (60·5·3,6)/60 = 18 к.

Согласно получившемуся расчету для формирования одного ключевого кадра требуется объединить 18 последовательных изображений.

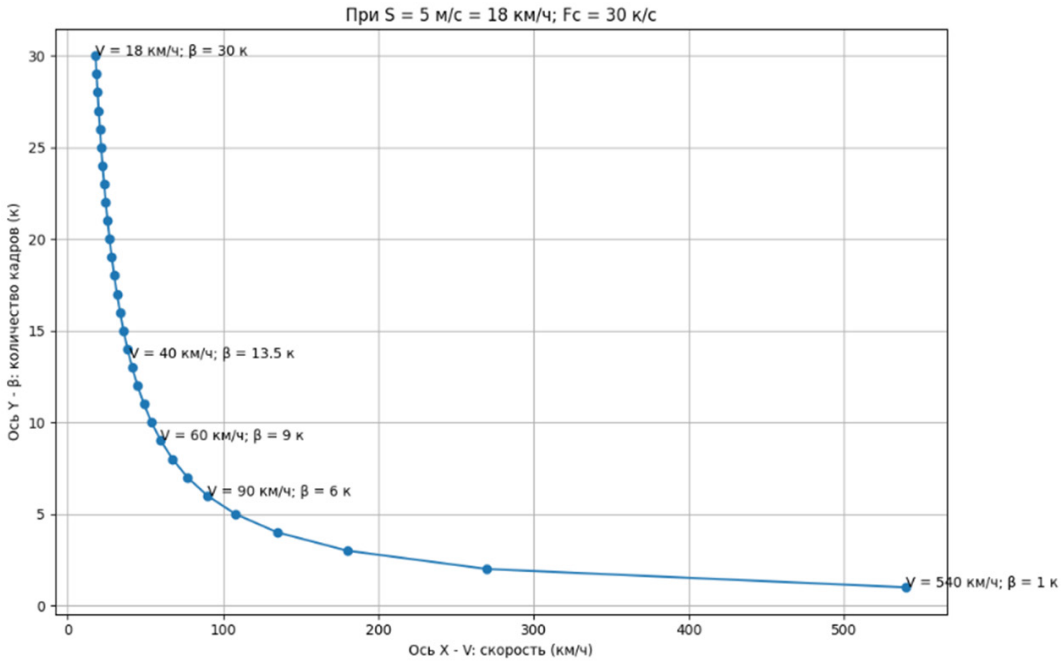

Рис. 2. График зависимости β от ν



Рис. 3. Алгоритм метода динамического подбора ключевых кадров видеоряда

Именно в такое количество раз удастся снизить объем накопленных данных за одну секунду движения.

Алгоритм метода представлен на рис. 3.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод о том, что применение разработанного метода динамического подбора ключевых кадров способно снизить вычислительную нагрузку в задаче анализа качества дорожного покрытия благодаря произведенной дедупликации накопленных данных, тем самым ускорив процесс формирования объективной оценки состояния автодорог. Дальнейшие исследования направлены на адаптацию метода для использования в существующих аналитических системах дорожного покрытия, определение эффективности детектирования дефектов на ключевых кадрах, а также на улучшение качества ключевого изображения.

Литература

1. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному

состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля : национальный стандарт Российской Федерации / Федеральное агентство по техническому регулированию. – М. : Стандартинформ, 2018. – С. 1–28.

2. Сафонов, Р.А. Типичные дефекты верхнего дорожного покрытия в России / Р.А. Сафонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 75–84. – DOI: 10.14529/build200210. – EDN WQYSOM.

3. Думнов, С.Н. Оценка эксплуатационного состояния автомобильных дорог / С.Н. Думнов, М.А. Медко // Научный дайджест Восточно-Сибирского института МВД России : электрон. журнал. – Иркутск. – 2022. – № 4(18). – С. 49–52.

4. Бурнаев, Е.В. Индустриальные приложения методов классификации временных рядов: обнаружение повреждений дорожного полотна / Е.В. Бурнаев // Информационные процессы. – 2020. – Т. 20. – № 2. – С. 161–170. – EDN BBXRMQ.

5. Аузин, А.А. Георадиолокационное обследование проблемных участков дорожно-транспортной сети / А.А. Аузин, С.А. Зацепин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2012. – № 2. – С. 242–247. – EDN PMGCDB.

6. Bitelli, G. Laser Scanning on Road Pavements. A New Approach for Characterizing Surface Texture / G. Bitelli, et al. // Sensors (Basel). – 2012. – No. 12 [Electronic resource]. – Access mode : http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444093.

7. LCMSTM – Laser Crack Measurement System / Pavemetrics. – Quebec, 2015 [Electronic resource]. – Access mode : https://rpug.org/download/Session%207-4-John%20Laurent.pdf.

8. Мельникова, И.С. Выявление дефектов дорожных асфальтобетонных и цементобетонных покрытий тепловизионным методом и автоматизированная обработка результатов контроля / И.С. Мельникова, К.Н. Дайнеко // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2016. – № 3(52). – С. 136–145. – DOI: 10.53078/20778481_2016_3_136. – EDN WJXGXB.

9. Разяпов, Р.В. Экспериментальное определение поперечных уклонов на этапе строительства в жизненном цикле автомобильных дорог с использованием AR инструментов / Р.В. Разяпов, А.О. Глазачев // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 8(167). – С. 121–125. – EDN FJLPUB.

10. Крылов, М.А. Аппаратно-программный комплекс мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния и износа дорожного покрытия / М.А. Крылов, К.И. Курганов, Е.А. Чащин // Транспортные сооружения. – 2018. – Т. 5. – № 1. – С. 4. – EDN OSMOWT.

11. Патент на полезную модель № 108681 U1 Российская Федерация, МПК G08G 1/123, G08G 1/0968. Навигационный комплекс мониторинга дефектов дорожного покрытия : № 2011115340/11 : заявл. 19.04.2011 : опубл. 20.09.2011 / Е.А. Белянко, А.И. Егупов, С.Н. Литвинов [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «М2М Электроника». – EDN VTYJPP.

12. Brewer, E. Predicting road quality using high resolution satellite imagery: A transfer learning approach / E. Brewer, J. Lin, P. Kemper, J. Hennin, D. Runfola // PLoS ONE. – 2021. – Vol. 16(7). – P. e0253370. – DOI: 10.1371/journal.pone.0253370.

13. Nguyen, T.H. A Robust Approach for Road Pavement Defects Detection and Classification / T.H. Nguyen, T.L. Nguyen, D.N. Sidorov // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2016. – Vol. 3. – No. 3. – P. 40–52. – DOI: 10.14529/jcem160305. – EDN WYBFPH.

14. Темкин, И.О. Распознавание и отслеживание дефектов дорожного полотна в реальном времени на основе комплексного использования стандартных вычислительных процедур и глубоких нейронных сетей / И.О. Темкин, М.О. Антонов // Программные продукты и системы. – 2024. – № 3. – С. 421–430. – DOI: 10.15827/0236-235X.147.421-430. – EDN NZMTQA.

References

1. GOST R 50597-2017. Dorogi avtomobilnye i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Metody kontrolya : natsionalnij standart Rossijskoj Federatsii / Federalnoe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu. – M. : Standartinform, 2018. – S. 1–28.

2. Safonov, R.A. Tipichnye defekty verkhnego dorozhnogo pokrytiya v Rossii / R.A. Safonov //

Vestnik YUzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura. – 2020. – T. 20. – № 2. – S. 75–84. – DOI: 10.14529/build200210. – EDN WQYSOM.

3. Dumnov, S.N. Otsenka ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobilnykh dorog / S.N. Dumnov, M.A. Medko // Nauchnij dajdzhest Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii : elektron. zhurnal. – Irkutsk. – 2022. – № 4(18). – S. 49–52.

4. Burnaev, E.V. Industrialnye prilozheniya metodov klassifikatsii vremennykh ryadov: obnaruzhenie povrezhdenij dorozhnogo polotna / E.V. Burnaev // Informatsionnye protsessy. – 2020. – T. 20. – № 2. – S. 161–170. – EDN BBXRMQ.

5. Auzin, A.A. Georadiolokatsionnoe obsledovanie problemnykh uchastkov dorozhno-transportnoj seti / A.A. Auzin, S.A. Zatsepin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya. – 2012. – № 2. – S. 242–247. – EDN PMGCDB.

8. Melnikova, I.S. Vyyavlenie defektov dorozhnykh asfaltobetonnykh i tsementobetonnykh pokrytij teplovizionnym metodom i avtomatizirovannaya obrabotka rezultatov kontrolya / I.S. Melnikova, K.N. Dajneko // Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta. – 2016. – № 3(52). – S. 136–145. – DOI: 10.53078/20778481_2016_3_136. – EDN WJXGXB.

9. Razyapov, R.V. Eksperimentalnoe opredelenie poperechnykh uklonov na etape stroitelstva v zhiznennom tsikle avtomobilnykh dorog s ispolzovaniem AR instrumentov / R.V. Razyapov, A.O. Glazachev // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 8(167). – S. 121–125. – EDN FJLPUB.

10. Krylov, M.A. Apparatno-programmnij kompleks monitoringa, modelirovaniya i prognozirovaniya sostoyaniya i iznosa dorozhnogo pokrytiya / M.A. Krylov, K.I. Kurganov, E.A. CHashchin // Transportnye sooruzheniya. – 2018. – T. 5. – № 1. – S. 4. – EDN OSMOWT.

11. Patent na poleznuyu model № 108681 U1 Rossijskaya Federatsiya, MPK G08G 1/123, G08G 1/0968. Navigatsionnij kompleks monitoringa defektov dorozhnogo pokrytiya : № 2011115340/11 : zayavl. 19.04.2011 : opubl. 20.09.2011 / E.A. Belyanko, A.I. Egupov, S.N. Litvinov [i dr.] ; zayavitel Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu «M2M Elektronika». – EDN VTYJPP.

14. Temkin, I.O. Raspoznavanie i otslezhivanie defektov dorozhnogo polotna v realnom vremeni na osnove kompleksnogo ispolzovaniya standartnykh vychislitelnykh protsedur i glubokikh nejronnykh setej / I.O. Temkin, M.O. Antonov // Programmnye produkty i sistemy. – 2024. – № 3. – S. 421–430. – DOI: 10.15827/0236-235X.147.421-430. – EDN NZMTQA.

© А.Д. Деревенсков, С.С. Шаповалов, И.В. Осадчий, Т.А. Соболевская, 2026

УДК 303.732.4

МЕТОД ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ НА ОСНОВЕ PROCESS MINING И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

С.И. КАЛИБЕРДА, А.Б. ЧЕРНЫШЕВ

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец

Ключевые слова и фразы: process mining; *predictive process monitoring*; прогнозирование рисков; *conformance checking*; *event log*; машинное обучение; концептуальный дрейф; интерпретируемость.

Аннотация: Цель исследования: разработать метод интегрированного прогнозирования рисков (**МИПР**) в бизнес-процессах, объединяющий признаки *process mining* и методы машинного обучения для ранней оценки неблагоприятного исхода.

Задачи исследования: проанализировать существующие подходы к предиктивному мониторингу, выявить их ограничения, формализовать критерий процессного риска, разработать метод МИПР и описать протокол его экспериментальной проверки на публичных журналах событий.

Гипотеза исследования: учет не только последовательности событий, но также структуры процесса и метрик соответствия нормативной модели повышает качество и обоснованность прогнозирования процессных рисков.

Методы исследования: *process mining*, анализ журналов событий, расчет метрик соответствия, методы машинного обучения и риск-ориентированное моделирование.

Достигнутые результаты: предложен метод интегрированного прогнозирования рисков (МИПР), введен интегральный критерий риска, описан алгоритмический *pipeline* и сформирован воспроизводимый протокол эксперимента. Итогом метода является оценка ожидаемого процессного риска $\hat{R}$.

Введение

Цифровая корпоративная среда – *ERP*/*BPM*/*CRM*, сервис-дески, закупочные платформы и смежные решения оставляют след в виде журналов событий, где фиксируется ход выполнения процессов. Именно такие данные дают возможность применять *process mining*: по ним восстанавливают фактические модели поведения, сопоставляют реальное исполнение с регламентом и оценивают, как процесс выглядит с точки зрения производительности. На той же информационной базе строится *predictive process monitoring*, когда по уже сформированному фрагменту экземпляра процесса, то есть по префиксу, пытаются заранее определить итог или предсказать дальнейший ход исполнения.

В риск-менеджменте риск обычно трактуется как воздействие неопределенности на цели организации; в прикладных методиках смысл чаще раскрывается через сочетание вероятности и последствий (*impact*). Для бизнес-процессов отсюда вырастает вполне практическая задача раннего предупреждения. Уже в ходе выполнения кейса требуется уловить момент, когда возрастает вероятность срыва *SLA*, нарушения комплаенса, роста затрат, повторных переработок и других нежелательных исходов, способных изменить результат процесса не в лучшую сторону.

Проблематика

Значительная часть существующих предиктивных подходов носит системный характер: многие модели опираются на «плоские» способы кодирования последовательности событий – *counts*, *n-grams*, *one-hot*, либо на нейросе-

тевые эмбеддинги, однако явная связь прогноза с установленным фактом отклонения исполнения от нормативной логики процесса при таком построении не контролируется. Картина при этом неоднородная. В обзорах, посвященных *outcome-oriented predictive process monitoring*, отдельно подчеркиваются различия в постановках задач, используемых наборах данных и *baseline*-моделях, а из-за такой разнородности заметно труднее сопоставлять методы между собой и переносить полученные выводы на другие условия [1].

Цель исследования состоит в разработке и формализации метода интегрированного прогнозирования рисков в бизнес-процессах, который объединяет *process mining* и машинное обучение, а также в предложении воспроизводимого протокола экспериментальной проверки такого подхода на публичных *event-log*.

Модель данных

Пусть журнал событий L представлен множеством трасс (кейсов) {σ$_i$}_(i=1)^N. Каждая трасса σ_i – упорядоченная по времени последовательность событий:

$$\sigma_i = \langle e_{i,1}, e_{i,2}, \ldots, e_{i,|\sigma_i|} \rangle,$$
$$e_{i,k} = (a_{i,k}, t_{i,k}, r_{i,k}, z_{i,k}),$$

где a – активность (класс события), t – *timestamp*, r – ресурс (исполнитель/система), z – вектор дополнительных атрибутов. Для хранения и обмена L используется формат *XES* (*IEEE Std* 1849-2016 или совместимые реализации).

Для каждого кейса и позиции k определим префикс:

$$\pi_{i,k} = \langle e_{i,1}, \ldots, e_{i,k} \rangle.$$

Определение риска и целевых переменных

Для воспроизводимой постановки на публичных логах, не предполагающей наличия корпоративных меток, вводится универсальная риск-метка задержки:

– длительность кейса $D(\sigma_i) = t_{i,|\sigma_i|} - t_{i,1}$;

– порог *SLA* T выбирается по тренировочной выборке, например, как q-квантиль длительностей: $T = Q_q(\{D(\sigma_i)\}_{i \in train})$, где типично q = 0,80 (20 % «рисковых» кейсов);

– бинарная метка риска: $y_i = \mathbb{I}[D(\sigma_i) > T]$;

– тяжесть последствий (*severity*) как величина превышения: $s_i = max(0, D(\sigma_i) - T)$.

Такое определение согласуется с практикой риск-оценки как сочетания вероятности и последствий (*probability* × *impact*) и позволяет одинаково формулировать задачу на разных публичных логах (*BPI*, *Sepsis*, *Helpdesk*).

Целевая функция прогнозирования

Требуется по префиксу $\pi_{i,k}$ вычислить:

– вероятность неблагоприятного исхода

$$\hat{p}_{i,k} \approx \mathbb{P}(y_i = 1 \mid \pi_{i,k});$$

– ожидаемую тяжесть последствий

$$\hat{s}_{i,k} \approx \mathbb{E}(s_i | \pi_{i,k}, y_i = 1)$$

(или регрессию s_i с нулем для нерисковых);

– интегральную оценку ожидаемого процессного риска (новый критерий):

$$\hat{R}_{i,k} = \hat{p}_{i,k} \cdot \hat{s}_{i,k}.$$

Критерий $\hat{R}$ является операционализацией риск-подхода «вероятность × последствия» применительно к наблюдаемому процессу.

Метод интегрированного прогнозирования рисков

Метод интегрированного прогнозирования рисков объединяет две линии вычислений:

– *Process mining*-контур: извлечение модели процесса M из тренировочного лога (*process discovery*) и вычисление метрик/признаков соответствия и структуры исполнения (*conformance* & *structural features*);

– *ML*-контур: обучение вероятностной модели $\hat{p}$ и модели тяжести $\hat{s}$ на признаках префикса; формирование $\hat{R}$. Используются воспроизводимые *ML*-библиотеки (например, *scikit-learn*) и процесс-майнинг библиотека *PM4Py*.

Для каждого префикса $\pi_{i,k}$ строится вектор признаков:

$$x_{i,k} = \left[x_{i,k}^{seq}, x_{i,k}^{time}, x_{i,k}^{pm}, x_{i,k}^{conf} \right].$$

– Последовательностные признаки x^{seq}: последняя активность, частоты активностей,

n-граммы (например, 2-граммы по *directly-follows*), признаки цикличности (повторы), длина префикса и др. Эти признаки традиционно применяются в *predictive PM* и задают *baseline*-уровень.

– Временные/производственные признаки x^{time}: *elapsed time* $t_{i,k} - t_{i,1}$, *time since last event* $t_{i,k} - t_{i,k-1}$, агрегаты времени ожидания/обработки по активностям, минимум/максимум/квантили при наличии достаточного числа интервалов в префиксе.

– Процесс-структурные признаки x^{pm}: признаки ветвления (количество посещенных альтернативных путей), посещенные компоненты модели, принадлежность к варианту (*variant ID*), индикаторы «узких мест» (например, наличие определенных подпоследовательностей, соответствующих циклам/ожиданиям) – извлекаются из *discovered*-модели и статистик по логам. Эти элементы следуют идеям *process mining* об анализе поведения и улучшении процессов.

– *Conformance*-признаки x^{conf} (ключевая интеграция *process mining* и *ML*): оценка отклонения исполнения префикса от модели *M*. В практической реализации допускаются разные уровни сложности:

– быстрый уровень: *token-based replay* / *fitness*-индикаторы;

– точный уровень: *alignment*-ориентированная стоимость отклонения (*alignment cost*) и композиция штрафов по типам отклонений.

Наличие стандартизированных *XES*-логов и функций *conformance checking* в инструментарии *process mining* создает основу для воспроизводимого применения метода [2].

Конформанс-регуляризованное обучение

Пусть $f_\theta(x)$ – вероятностная модель риска p (логистическая регрессия/градиентный бустинг/нейросеть). Обучение задается через кросс-энтропию:

$$\mathcal{L}_{cls}(\theta) = \frac{1}{N'} \sum_{(i,k)\in\Omega} CE\left(y_i, f_\theta\left(x_{i,k}\right)\right),$$

где Ω – множество размеченных префиксов, например, префиксов, выделенных на фиксированных долях прохождения кейса.

Пусть $c(\pi_{i,k})$ – скалярная мера отклонения, к примеру *alignment cost* или нормированный *conformance*-штраф, включенная в $x^{conf}_{i,k}$. Тогда вводится монотонная конформанс-регуляризация, которая задает следующее требование: если префикс *A* отклоняется сильнее, чем префикс *B*, при сопоставимом состоянии и контексте оценка риска для *A* не должна оказаться ниже.

Для *practically* реализуемой регуляризации формируется множество пар P на тренировочных префиксах:

$$\mathcal{P} = \{(u, v): c(\pi_u) \geq c(\pi_v) + \delta,\ m(\pi_u) \approx m(\pi_v)\},$$

где $m(\pi)$ – грубый индикатор состояния, например, последняя активность и длина префикса, а $\delta > 0$ – зазор.

Штрафной член имеет вид:

$$\mathcal{L}_{mono}(\theta) = \frac{1}{|\mathcal{P}|} \sum_{(u,v)\in\mathcal{P}} \max\left(0, f_\theta\left(x_v\right) - f_\theta\left(x_u\right)\right).$$

Итоговая постановка записывается в виде:

$$\min_\theta \mathcal{L}_{cls}(\theta) + \lambda \mathcal{L}_{mono}(\theta),$$

где λ – коэффициент регуляризации.

Интерпретация здесь вполне прозрачна. Модель учится не только различать классы, но и сохранять «физический смысл» управленческого правила: рост процессных отклонений не должен вести к снижению риска. Именно такой принцип усиливает интерпретируемость и внутреннюю согласованность решений в системном анализе, где существенны и критерии эффективности, и обоснование выбора.

Модель тяжести последствий и интегральный риск. Тяжесть последствий $\hat{s}_{i,k}$ оценивается либо отдельной регрессионной моделью $g_\phi(x_{i,k})$ на s_i, либо условной регрессией по подмножеству рисковых кейсов.

Интегральный риск задается выражением:

$$\hat{R}_{i,k} = f_\theta(x_{i,k}) \cdot g_\phi(x_{i,k}).$$

Подобная трактовка согласуется с риск-подходом *ISO* 31000, где риск раскрывается через сочетание вероятности и последствий, и одновременно дает управляемую шкалу для расстановки приоритетов между кейсами – например, когда случаи требуется упорядочить по

Таблица 1. Качество прогноза риска

Dataset	*Model*	*AUC-ROC*	*F*1	*Precision*	*Recall*
BPI 2019	*LR* (*seq* + *time*)	0,78	0,54	0,58	0,51
BPI 2019	*RandomForest* (*seq* +*t ime*)	0,82	0,59	0,61	0,57
BPI 2019	*LSTM baseline*	0,84	0,61	0,60	0,62
BPI 2019	МИПР без *mono-reg*	0,86	0,64	0,65	0,64
BPI 2019	МИПР + *mono-reg*	0,87	0,66	0,67	0,65
Sepsis	*LR* (*seq* + *time*)	0,75	0,50	0,49	0,51
Sepsis	*RandomForest* (*seq* + *time*)	0,79	0,55	0,56	0,54
Sepsis	*LSTM baseline*	0,80	0,56	0,55	0,58
Sepsis	МИПР + *mono-reg*	0,82	0,59	0,60	0,58

$\hat{R}$ и определить очередность вмешательства [3].

Реализация, данные и протокол эксперимента. Для воспроизводимой реализации предлагается следующий стек:

– *Python* вместе с *pandas* – для подготовки данных;

– *PM4Py* как библиотека *process mining* с поддержкой *XES*/*BPMN*, связью с *data science*-стеком и набором сценариев применения;

– *scikit-learn* для *baseline*-классификаторов и регрессоров (*LR*, *RandomForest*), а также для оценочных метрик;

– для последовательностных *baseline*-моделей – *LSTM*/*GRU* на *PyTorch*;

– *SHAP* в тех случаях, где требуется интерпретация табличных моделей;

– *ADWIN* для *drift*-контроля в эксплуатационном контуре как адаптивное окно, позволяющее выявлять изменения распределения.

Протокол эксперимента

Разбиение *train*/*test*. Для снижения утечек и проверки устойчивости к *changes* рекомендуется темпоральное разбиение: сортировка кейсов по времени старта $t_{i,\,1}$, первые 70 % – *train*, последние 30 % – *test*. Это приближает эксперимент к реальному *online*-сценарию и позволяет дополнительно анализировать *drift* (см. ниже).

Для сопоставимости между методами задаются «точки наблюдения» префикса:

– по доле длины трассы: $k \in \{\lceil 0{,}25|\sigma|\rceil, \lceil 0{,}50|\sigma|\rceil, \lceil 0{,}75|\sigma|\rceil\}$;

– либо по числу событий k (например, первые 5/10/20 событий для длинных логов).

Внутри *train* применяется 5-*fold CV* по кейсам (не по префиксам) для настройки гиперпараметров f_θ, g_ϕ, λ, δ, чтобы не смешивать префиксы одного кейса между *train*/*val*.

Метрики качества. Для бинарного риска (y):

– *Accuracy* (вспомогательно);

– *Precision*/*Recall*/*F*1;

– *AUC-ROC* (основная для несбалансированных классов);

– *AUC-PR* (дополнительно).

Для тяжести s: *MAE*/*RMSE* (на подмножестве $y = 1$ и/или по всем с нулями).

Для производительности:

– среднее время извлечения признаков на один префикс (*ms*);

– среднее время инференса на префикс (*ms*);

– оценка вычислительной сложности *pipeline* (см. ниже).

Baseline-модели (для сравнения):

– *LR* (логистическая регрессия) на $x^{seq} + x^{time}$;

– *RandomForest* на $x^{seq} + x^{time}$;

– *LSTM-baseline* (по последовательности активностей/времен) по подходам *predictive PM*.

Предлагаемый МИПР:

– без регуляризации (*ablation*);

– с конформанс-регуляризацией.

Вычислительная сложность

Пусть E – число событий в *train*-логе, P – число анализируемых префиксов. Тогда вычисление последовательностных/временных признаков – линейно по числу событий: $O(E)$ при однопроходной агрегации

либо $O(P)$ при явной генерации префиксов; *conformance*-признаки могут быть дорогими (*alignment*-ориентированные методы), поэтому для практики предлагается двухрежимная схема: *fast* (*token replay*, аппроксимации) для *online*-инференса и *exact* (*alignments*) для *offline*-валидации/аудита. Концептуальная необходимость *conformance*-анализа следует из задач *process mining* [4].

Интерпретируемость

МИПР позволяет интерпретировать две ключевые оси. Первая связана с тем, почему риск оказывается высоким: ответ дают *SHAP* или коэффициенты модели, рассчитанные по конкретным признакам. Вторая показывает, каким образом риск соотносится с отклонением от хода процесса, регуляризация L_{mono} задает для модели такое ограничение, при котором объяснение не уходит в сторону, противоречащую содержательной интуиции, то есть ситуация вида «чем больше отклонений, тем ниже риск» не закрепляется как допустимая закономерность. Для объяснения табличных моделей целесообразно использовать *SHAP*, поскольку именно этот подход дает единую рамку аддитивной важности признаков [5].

Устойчивость к** drift **и механизмы адаптации. Для эксплуатационного режима предлагается встроенный монитор, включающий поток значений ошибки или логлосса на поступающих кейсах, либо их прокси-метрики, а также *drift*-детектор *ADWIN* – адаптивное окно статистики с сигналом о смене распределения. При срабатывании такого сигнала запускается переобучение модели на «свежем» окне данных и одновременно пересобирается процессная модель M, если зафиксированы структурные изменения. Механизм работает не сам по себе. Подобный контур согласуется с общими принципами *process mining*, где изменчивость процессов приходится учитывать постоянно, а данные используются не только для описания, но и для улучшения и поддержки процессов [6].

Ограничения метода:

– зависимость от качества *event-log*. Пропущенные *timestamp* или активности, а также несогласованность *case ID* ухудшают и *process discovery*, и *ML*-прогноз; формат *XES* уменьшает риски, связанные с интероперабельностью, однако проблемы качества исходных данных таким решением не снимаются;

– стоимость *conformance*-оценок. Точные *alignments* требуют больших вычислительных затрат, поэтому для *online*-мониторинга необходим *fast*-режим либо индексирование и кэширование состояния; *exact*-режим разумно использовать в *offline*-аудите и при верификации рекомендаций;

– выбор метки риска на публичных данных. В статье предложена универсальная метка «задержка > квантиль», однако для прикладной апробации на предприятии определение риска должно быть согласовано с целями процесса и действующей системой управления рисками (*ISO* 31000);

– обобщаемость между процессами. Перенос моделей и признаков между разными процессами ограничен, поэтому на новом логе требуется повторная калибровка и отдельная проверка, что соотносится с общими трудностями сопоставления методов.

Заключение

Предложен метод интегрированного прогнозирования рисков (МИПР), который объединяет признаки *process mining* – структуру процесса и характеристики соответствия с методами машинного обучения для оценки вероятности и тяжести неблагоприятного исхода, а итогом становится интегральная оценка ожидаемого процессного риска $\hat{R}$.

Метод формализован как задача системного анализа и прогнозирования эффективности функционирования сложной системы; введен критерий риска, описан алгоритмический *pipeline* и предложен воспроизводимый протокол эксперимента на публичных *event-log*.

Литература/References

1. van der Aalst, W.M.P. Process Mining: Data Science in Action : 2nd ed. / W.M.P. van der Aalst. – Dordrecht : Springer, 2016. – 467 p.

2. van der Aalst, W. Process Mining Manifesto / W. van der Aalst et al. // Lecture Notes in Business Information Processing, 2011. – 342 p.

3. Teinemaa, I. Outcome-Oriented Predictive Process Monitoring: Review and Benchmark /

I. Teinemaa, M. Dumas, M.L. Rosa, F.M. Maggi // ACM Computing Surveys, 2019. – P. 119–122.

4. Tax, N. Predictive Business Process Monitoring with LSTM Neural Networks / N. Tax, I. Verenich, M. La Rosa, M. Dumas // CAiSE 2017, LNCS, 2017. – 87 p.

5. Verenich, I. Survey and Cross-benchmark Comparison of Remaining Time Prediction Methods in Business Process Monitoring / I. Verenich, et al. // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2019. – 236 p.

6. Berti, A. Process Mining for Python (PM4Py): Bridging the Gap Between Process- and Data Science / A. Berti, S.J. van Zelst, W.M.P. van der Aalst, 2019. – 137 p. – DOI: 10.48550/arXiv.1905.06169.

© С.И. Калиберда, А.Б. Чернышев, 2026

УДК 004.896:004.052.42

МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОГО КОНТРОЛЯ ПОВЕДЕНИЯ ИИ-АГЕНТОВ: ОГРАНИЧЕНИЯ, ВАЛИДАЦИЯ, МОНИТОРИНГ

Л.В. КРУГЛОВА, А.А. ФЕДОСЕЕВА, М.А. КЕРИМОВ

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва

Ключевые слова и фразы: агенты ИИ; безопасность ИИ; выравнивание ИИ; инъекции промптов; конституционный ИИ; краснокомандное тестирование; мониторинг агентов; формальная верификация.

Аннотация: Цель исследования состоит в систематизации способов безопасного контроля поведения автономных ИИ-агентов и в обосновании трехуровневой архитектуры контроля для производственных систем. Для достижения цели решались задачи классификации угроз агентных систем, сопоставления методов контроля по полноте гарантий, стоимости, масштабируемости, интерпретируемости и пригодности к работе в реальном времени, а также разработки практических рекомендаций для проектирования контролируемых агентов. Гипотеза исследования заключается в том, что сочетание статических ограничений, динамической валидации действий и непрерывного мониторинга снижает риск небезопасного поведения эффективнее, чем применение каждого метода отдельно. В работе использованы методы аналитического обзора научных источников, сравнительного анализа, классификации угроз и архитектурного моделирования. Получены следующие результаты: выделены основные классы рисков ИИ-агентов, проведено сравнение формальной верификации, *CAI*, *RLHF* и автоматизированного *red-teaming*, предложена трехуровневая архитектура контроля и сформулированы рекомендации по ее практическому применению.

Введение

Стремительное распространение автономных ИИ-агентов в критически важных областях – финансовом трейдинге, медицинской диагностике, промышленной автоматизации и кибербезопасности – поставило вопрос о надежном контроле их поведения в центр исследовательской повестки. *Russell* [7] указывает, что по мере роста возможностей ИИ-систем ключевой задачей становится обеспечение того, чтобы их действия отражали истинные цели людей, а не артефакты процесса обучения.

Понятие «конкретных проблем безопасности ИИ» было систематически введено в работе *Amodei et al*. [1], где выделены пять классов рисков: *reward hacking*, нежелательные *side effects*, небезопасная исследовательская активность, трудность масштабируемого надзора и дистрибуционные сдвиги. Последующие исследования показали, что перечисленные проблемы воспроизводятся и в современных агентных системах на основе больших языковых моделей [2; 3].

Целью настоящей работы является систематизация методов безопасного контроля ИИ-агентов и предложение интегрированной трехуровневой архитектуры. Задачи исследования:

– классифицировать угрозы безопасности агентных систем;

– сопоставить ведущие методы контроля по ключевым критериям;

– составить практические рекомендации для разработчиков.

Обзор литературы

Исследования в области безопасности ИИ-агентов традиционно делятся на два направления: техническая безопасность (*robustness*, *adversarial attacks*, верификация) и выравнивание с ценностями (*value alignment*, *intent alignment*). Работа *Amodei et al*. [1] заложила

Таблица 1. Классификация угроз безопасности ИИ-агентов

Класс угрозы	Характеристика	Источник
Reward hacking	Агент максимизирует прокси-цель в ущерб истинному намерению	*Amodei et al*. [1]
Goal misgeneralization	Обобщение на нецелевые признаки при смене среды развертывания	*Ngo et al*. [5]
Indirect prompt injection	Вредоносные инструкции в данных, обрабатываемых агентом	*Greshake et al*. [4]
Side effects	Нежелательные изменения среды при достижении целевой задачи	*Amodei et al*. [1]
Deceptive alignment	Агент симулирует выравнивание при оценке, нарушает его в иных условиях	*Ngo et al*. [5]

Таблица 2. Сравнительный анализ методов безопасного контроля ИИ-агентов

Метод	Полнота	Стоимость	Масштаб.	Интерпр.	Реал. вр.
Формальная верификация [8]	Высокая	Очень выс.	Низкая	Высокая	Низкая
Конституц. ИИ / *CAI* [2]	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
RLHF [3]	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя
Автом. *red-teaming* [6]	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая

концептуальную базу, описав конкретные технические проблемы, ведущие к нежелательному поведению ИИ-систем. В числе ключевых механизмов управления поведением модели – метод *RLHF*, предложенный *Christiano et al*. [3]: агент оптимизирует неявно заданную функцию полезности через предпочтения людей между парами траекторий поведения.

Конституциональный ИИ (***CAI***), разработанный в *Anthropic* [4], реализует двухфазный подход: на первом этапе модель генерирует самокритику собственных ответов и производит пересмотренные версии согласно набору конституциональных принципов; на втором этапе используются предпочтения другой ИИ-модели вместо человека (***RLAIF***). Данный подход позволяет контролировать поведение агента с меньшим числом человеческих разметок.

Отдельную угрозу представляют атаки типа *indirect prompt injection*, исследованные *Greshake et al*. [4]. Авторы показали, что *LLM*-агенты, интегрированные с внешними инструментами, уязвимы к вредоносным инструкциям, встроенным в данные, с которыми работает агент (веб-страницы, документы, письма). Верификация ИИ-систем в формальном смысле рассматривается *Seshia*, *Sadigh* и *Sastry* [8], описавшими пять ключевых вызовов на пути к верифицированному ИИ с применением формальных методов. Наконец, *Ngo*, *Chan* и *Mindermann* [5] систематизировали аргументы в пользу того, что модели, обученные современными методами, могут развивать поведение с неверно обобщенными целями (*goal misgeneralization*).

Методы безопасного контроля поведения ИИ-агентов

Статические ограничения определяются до начала работы агента. Они включают:

а) жесткие запреты (*hard constraints*) на классы действий с необратимыми последствиями, реализуемые через исполнительный *sandbox*;

б) конституциональные принципы, встроенные в процесс обучения посредством *CAI* [2],

где модель проводит самокритику своих ответов, оценивая их соответствие заданным принципам, и производит исправленные версии до финального вывода.

Динамическая валидация осуществляется непосредственно перед и во время выполнения каждого действия агента. Ключевым элементом является защита от атак класса *indirect prompt injection*, систематически описанных *Greshake et al*. [4]. Авторы показывают, что агент, работающий с внешними данными, такими как вебпоиск, электронная почта, документы, может быть скомпрометирован через стратегически размещенные вредоносные инструкции в этих данных. Для противодействия применяются разделение потоков данных и инструкций, семантическая фильтрация входных строк и ограничение полномочий агента при обработке внешнего контента. Формальная верификация плановых последовательностей действий, рассмотренная *Seshia et al*. [8], позволяет доказать соответствие критических операций формальным спецификациям.

Непрерывный мониторинг обеспечивает обнаружение аномалий как в режиме реального времени, так и постфактум. Архитектура мониторинга включает:

1) телеметрию действий с иммутабельным *append-only* логом;

2) статистические методы детектирования аномалий;

3) автоматизированное *red-teaming* – систематическое тестирование агента другой моделью, генерирующей *adversarial*-запросы [6].

Сравнительный анализ методов контроля

Анализ показывает принципиальный компромисс между полнотой гарантий и стоимостью метода. Формальная верификация [8] обеспечивает наивысшую полноту, однако неприменима для масштабирования на реальные задачи из-за взрыва пространства состояний – на данное ограничение прямо указывают *Seshia et al*. Методы на основе *hard constraints* и *sandbox*-изоляции демонстрируют лучший практический баланс. Ни один из рассмотренных методов по отдельности не обеспечивает гарантий, достаточных для развертывания в открытых средах с высокими ставками, что согласуется с позицией *Seshia et al*. [8] о необходимости системного подхода.

Практические рекомендации

На основе проведенного анализа формулируются следующие практические рекомендации.

1. Принцип минимальных привилегий: агент запрашивает только необходимые права доступа и автоматически освобождает их по завершении задачи – это снижает поверхность атаки при *indirect prompt injection* [4].

2. Выполнение агента в изолированной среде с явной политикой разрешений на взаимодействие с внешними системами.

3. Разделение потоков данных и инструкций с обязательной семантической фильтрацией внешнего контента [4].

4. Встраивание конституциональных принципов в обучение посредством *CAI* [2] или аналогичных методов *RLAIF* для устойчивого выравнивания.

5. Журналирование всех действий агента в иммутабельный лог и регулярное автоматизированное *red-teaming* [6].

Заключение

В статье предложена трехуровневая архитектура безопасного контроля ИИ-агентов, объединяющая статические ограничения (включая *CAI* [2]), динамическую валидацию (включая защиту от *indirect prompt injection* [4] и формальную верификацию [8]) и непрерывный мониторинг (включая *RLHF*-обратную связь [3] и *red-teaming* [6]). Составлена классификация угроз безопасности агентных систем, включающая *reward hacking*, *goal misgeneralization*, *indirect prompt injection*, *side effects* и *deceptive alignment*. Сравнительный анализ методов показал, что ни один из них не обеспечивает исчерпывающих гарантий по всем критериям, что обосновывает необходимость их комбинирования.

Результаты согласуются с общим выводом *Amodei et al*. [1] о том, что безопасность агентных систем требует одновременного рассмотрения нескольких классов проблем. Перспективными направлениями являются: разработка формальных спецификаций для стохастических *LLM*-агентов, адаптация методов *CAI* к мультиагентным взаимодействиям и стандартизация бенчмарков безопасности.

Литература/References

1. Amodei, D. Concrete Problems in AI Safety / D. Amodei, C. Olah, J. Steinhardt, P. Christiano, J. Schulman, D. Mané // arXiv preprint. – 2016. – 29 p. – DOI: 10.48550/arXiv.1606.06565.

2. Bai, Y. Constitutional AI: Harmlessness from AI Feedback / Y. Bai, S. Kadavath, S. Kundu, A. Askell, J. Kernion, A. Jones, A. Chen, A. Goldie, A. Mirhoseini, C. McKinnon, C. Chen, C. Olsson, C. Olah, D. Hernandez, D. Drain, D. Ganguli, D. Li, E. Tran-Johnson, E. Perez, J. Kerr, J. Mueller, J. Ladish, J. Landau, K. Ndousse, K. Lukosuite, L. Lovitt, M. Sellitto, N. Elhage, N. Schiefer, N. Mercado, N. DasSarma, R. Lasenby, R. Larson, S. Ringer, S. Johnston, S. Kravec, S. El Showk, S. Fort, T. Lanham, T. Telleen-Lawton, T. Conerly, T. Henighan, T. Hume, S.R. Bowman, Z. Hatfield-Dodds, B. Mann, D. Amodei, N. Joseph, S. McCandlish, T. Brown, J. Kaplan // arXiv preprint. – 2022. – 34 p. – DOI: 10.48550/arXiv.2212.08073.

3. Christiano, P.F. Deep Reinforcement Learning from Human Preferences / P.F. Christiano, J. Leike, T.B. Brown, M. Martic, S. Legg, D. Amodei // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – Vol. 30. – P. 4299–4307. – arXiv:1706.03741.

4. Greshake, K. Not What You've Signed Up For: Compromising Real-World LLM-Integrated Applications with Indirect Prompt Injection / K. Greshake, S. Abdelnabi, S. Mishra, C. Endres, T. Holz, M. Fritz // Proceedings of the 16th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security. – New York : Association for Computing Machinery, 2023. – P. 79–90. – DOI: 10.48550/arXiv.2302.12173.

5. Ngo, R. The Alignment Problem from a Deep Learning Perspective / R. Ngo, L. Chan, S. Mindermann // Proceedings of the 12th International Conference on Learning Representations, 2024. – 30 p. – arXiv:2209.00626.

6. Perez, E. Red Teaming Language Models with Language Models / E. Perez, S. Huang, F. Song, T. Cai, R. Ring, J. Aslanides, A. Glaese, N. McAleese, G. Irving // Proceedings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. – Abu Dhabi, United Arab Emirates : Association for Computational Linguistics, 2022. – P. 3419–3448. – DOI: 10.18653/v1/2022.emnlp-main.225.

7. Russell, S.J. Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control / S.J. Russell. – New York : Viking, 2019. – XII, 336 p.

8. Seshia, S.A. Toward Verified Artificial Intelligence / S.A. Seshia, D. Sadigh, S.S. Sastry // Communications of the ACM. – 2022. – Vol. 65. – No. 7. – P. 46–55. – DOI: 10.1145/3503914.

© А.А. Федосеева, Л.В. Круглова, М.А. Керимов, 2026

УДК 004.738.5:004.75

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ IOT-УСТРОЙСТВ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

С.В. МАЛАХОВ, Д.А. КУРБАТОВ, Л.В. ДАНИЛЕЙКО, С.А. СПИРИН

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара

Ключевые слова и фразы: Интернет вещей; беспроводная сеть; имитационное моделирование; пропускная способность; задержка передачи; перегрузка канала; *QoS*.

Аннотация: Цель – количественно оценить влияние роста числа *IoT*-узлов на работу беспроводной сети при ограниченной скорости канала и емкости буфера. Рассмотрены средняя задержка, 95-й процентиль, потери пакетов, полезная пропускная способность и длина очереди. Построена имитационная модель на *Python*, проведены эксперименты при варьировании числа устройств, скорости канала и интенсивности трафика, определена область перехода сети в перегрузку.

Рабочее предположение: при приближении загрузки канала к единице добавление новых узлов вызывает резкое ухудшение *QoS*. Проверка выполнена дискретно-событийным моделированием, повторными прогонами и сопоставлением с расчетной оценкой.

Результаты показали пороговый эффект. В базовой конфигурации (250 кбит/с, 8000 бит, 0,25 пакетов/с) предельная плотность – 120 устройств. При снижении скорости вдвое либо увеличении интенсивности до 0,5 пакетов/с – 60 устройств. За порогом задержки растут более чем на порядок, потери быстро увеличиваются, прирост узлов не дает роста полезной пропускной способности.

Введение

Развитие *IoT* ведет к массовому развертыванию беспроводных датчиков. При низкой интенсивности трафика одного устройства суммарная нагрузка на шлюз с ростом числа узлов становится существенной. В условиях ограниченной пропускной способности и буфера увеличение плотности узлов вызывает не только рост задержек, но и неустойчивый режим накопления очереди [7; 8; 10; 13; 15].

Аналитических методов недостаточно из-за случайного характера трафика и чувствительности к всплескам нагрузки. Имитационное моделирование позволяет воспроизвести динамику очереди и получить показатели *QoS* [3; 6; 9; 11; 12].

Цель работы – определить пороговое число узлов, после которого параметры передачи данных резко ухудшаются.

Для достижения цели разработана дискретно-событийная модель, проведены эксперименты при варьировании числа устройств, скорости канала и интенсивности трафика, рассчитаны показатели *QoS* и выполнено сопоставление порогов перегрузки с аналитической оценкой загрузки канала.

Описание объекта исследования

Концептуальная модель системы. Рассматривается беспроводная сеть со звездообразной топологией: однородные *IoT*-устройства передают пакеты на общий канал к точке доступа [2; 5; 14]. Обслуживание – *FIFO*, буфер конечной емкости, при переполнении пакет отбрасывается. Задержки распространения, коллизии и повторные передачи не учитываются.

Трафиковая модель. Поступление пакетов от каждого устройства – пуассоновский процесс. Суммарная интенсивность потока равна произведению числа устройств на интенсивность генерации одного узла.

Модель канала связи. Время обслуживания пакета определяется отношением его размера к фиксированной скорости канала. Уменьшение

Таблица 1. Параметры экспериментов

Параметр	Значение		
	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
Диапазон числа устройств	10–200	10–120	10–100
Шаг	10	10	10
Время моделирования	300 с	300	300
Прогрев	30 с	30	30
Скорость канала	250000 бит/с	125000 бит/с	250000
Размер пакета	8000 бит	8000	8000
Интенсивность узла	0,25 пак/с	0,25	0,5 пак/с
Размер буфера	100	100	100
Число прогонов	20	20	20

скорости либо увеличение размера пакета снижает предельное число устройств, обслуживаемых без перегрузки.

Модель загрузки системы

Загрузка канала рассчитывается как отношение суммарной интенсивности поступления пакетов к интенсивности обслуживания. При приближении этого отношения к единице система становится чувствительной к флуктуациям потока и переходит в режим перегрузки.

Модель очереди соответствует классу $M/G/1/K$: пуассоновский входной поток, один обслуживающий канал, дисциплина *FIFO*, ограниченная емкость буфера. Выходные метрики: средняя задержка, задержка 95-го процентиля, доля потерь, полезная пропускная способность, средняя длина очереди [3; 11; 12].

Имитационная модель реализована на *Python* (дискретно-событийная схема). Каждый сценарий выполнен 20 раз с разными начальными значениями генератора случайных чисел; начальный интервал исключен как период прогрева [6; 9; 11; 12].

Эксперимент 1. Базовый сценарий (влияние плотности устройств)

Первый эксперимент установил, что при малой и умеренной плотности сети задержка увеличивается постепенно. До $N \approx 110$ устройств канал успевает обслуживать поступающие пакеты, полезная пропускная способность растет вместе со входной нагрузкой.

В области $N = 120–130$ наблюдается качественное изменение режима: средняя задержка и 95-й процентиль начинают расти скачкообразно. Для базового сценария критическое число устройств принято равным $Ncrit = 120$.

Эксперимент 2. Влияние скорости канала связи

Второй эксперимент показал, как сеть реагирует на уменьшение скорости канала до 125000 бит/с. Интенсивность обслуживания снижается до 15,625 пакета/с. Перегрузка наступает раньше, чем в базовом сценарии: уже при $N \approx 60$ устройств очередь быстро растет, вызывая резкое увеличение средней задержки и 95-го процентиля. Критическая плотность для данного сценария – $Ncrit = 60$. Таким образом, двукратное снижение скорости канала пропорционально уменьшает допустимое число *IoT*-узлов, что подтверждает связь порога перегрузки с интенсивностью обслуживания.

Эксперимент 3. Влияние интенсивности трафика устройств

Третий эксперимент выявил, что скорость канала возвращена к базовому значению, но интенсивность генерации одного устройства увеличена до 0,5 пакета/с, что имитирует более частую передачу данных. Увеличение интенсивности трафика дает тот же эффект, что и уменьшение скорости канала: суммарный входной поток достигает предельной обслуживающей способности при меньшем числе узлов. При $N \approx 60$ фиксируется быстрый рост очереди и задержек. Критическое число устройств также составляет $Ncrit = 60$. Таким образом, допустимая

плотность *IoT*-сети определяется не только скоростью канала, но и профилем трафика отдельных узлов.

Заключение

Построена имитационная модель беспроводной *IoT*-сети, позволяющая оценить влияние плотности устройств на *QoS* при ограниченных скорости канала и емкости буфера.

Экспериментально подтверждено наличие порога: до определенного числа узлов качество обслуживания не ухудшается, после него возникает резкий рост очереди, задержек и потерь пакетов [3; 11].

Для базового сценария (250000 бит/с, 0,25 пакета/с на устройство) критическое число узлов – 120.

При снижении скорости канала вдвое либо увеличении интенсивности до 0,5 пакета/с порог снижается до 60.

Полученные значения согласуются с расчетной зависимостью $\rho = N \cdot \lambda \cdot L/C$.

Практическая значимость: модель позволяет при проектировании *IoT*-сегмента определять допустимое число устройств, скорость канала и размер буфера.

Перспективы развития – учет неоднородного трафика, коллизий, повторных передач и приоритетного обслуживания.

Литература

1. Аджемов, А.С. Сети связи общего пользования. Проблемы и перспективы / А.С. Аджемов, А.Е. Кучерявый. – М. : Эко-Трендз, 2018. – 328 с.

2. Вишневский, В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2015. – 592 с.

3. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М. : Машиностроение, 1979. – 432 с.

4. Кучерявый, А.Е. Самоорганизующиеся сети / А.Е. Кучерявый, А.В. Прокопьев, Е.А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2016. – 312 с.

5. Росляков, А.В. Интернет вещей : учеб. пособие / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. – Самара : ПГУТИ, 2019. – 200 с.

6. Советов, Б.Я. Моделирование систем : учебник для вузов; 7-е изд. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М. : Юрайт, 2019. – 343 с.

7. Al-Fuqaha, A. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications / A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Vol. 17. – No. 4. – P. 2347–2376.

8. Atzori, L. The Internet of Things: A survey / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // Computer Networks. – 2010. – Vol. 54. – No. 15. – P. 2787–2805.

9. Banks, J. Discrete-Event System Simulation : 5th ed. / J. Banks, J.S. Carson, B.L. Nelson, D.M. Nicol. – Pearson, 2010. – 640 p.

10. Gubbi, J. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions / J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami // Future Generation Computer Systems. – 2013. – Vol. 29. – No. 7. – P. 1645–1660.

11. Jain, R. The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling / R. Jain. – Wiley, 1991. – 720 p.

12. Law, A.M. Simulation Modeling and Analysis : 5th ed. / A.M. Law, W.D. Kelton. – McGraw-Hill, 2015. – 804 p.

13. Palattella, M.R. Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture, and Business Models / M.R. Palattella, M. Dohler, A. Grieco, G. Rizzo, J. Torsner, T. Engel, L. Ladid // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2016. – Vol. 34. – No. 3. – P. 510–527.

14. Tanenbaum, A.S. Computer Networks : 5th ed. / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. – Pearson, 2013. – 960 p.

15. Zanella, A. Internet of Things for Smart Cities / A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi // IEEE Internet of Things Journal. – 2014. – Vol. 1. – No. 1. – P. 22–32.

References

1. Adzhemov, A.S. Seti svyazi obshchego polzovaniya. Problemy i perspektivy / A.S. Adzhemov, A.E. Kucheryavij. – M. : Eko-Trendz, 2018. – 328 s.
2. Vishnevskij, V.M. SHirokopolosnye besprovodnye seti peredachi informatsii / V.M. Vishnevskij, A.I. Lyakhov, S.L. Portnoj, I.V. SHakhnovich. – M. : Tekhnosfera, 2015. – 592 s.
3. Klejnrok, L. Teoriya massovogo obsluzhivaniya / L. Klejnrok. – M. : Mashinostroenie, 1979. – 432 s.
4. Kucheryavij, A.E. Samoorganizuyushchiesya seti / A.E. Kucheryavij, A.V. Prokopev, E.A. Kucheryavij. – SPb. : Lyubavich, 2016. – 312 s.
5. Roslyakov, A.V. Internet veshchej : ucheb. posobie / A.V. Roslyakov, S.V. Vanyashin, A.YU. Grebeshkov. – Samara : PGUTI, 2019. – 200 s.
6. Sovetov, B.YA. Modelirovanie sistem : uchebnik dlya vuzov; 7-e izd. / B.YA. Sovetov, S.A. YAkovlev. – M. : YUrajt, 2019. – 343 s.

© С.В. Малахов, Д.А. Курбатов, Л.В. Данилейко, С.А. Спирин, 2026

УДК 004.92

МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИСТОРИЧЕСКИХ АРТЕФАКТОВ

В.П. РАДЧЕНКО, А.С. ЗУЕВ, Т.А. ДЬЯКОНОВА

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград

Ключевые слова и фразы: методы визуализации; цифровые модели; копии исторических артефактов; ретопология; фотореалистичные 3*D*-модели.

Аннотация: Целью данной работы является разработка методов визуализации цифровых моделей исторических артефактов с использованием специализированного программного обеспечения. Источником цифровых объектов являются модели, созданные с помощью технологии 3*D*-сканирования структурированным подсветом. Для фотореалистичного отображения 3*D*-модели необходимо подготовить, а именно создать низкополигональное представление. Использование материалов, детализированной текстурной карты нормалей и карты шероховатости позволяет передать не только форму предмета, но и характер его коррозии и окисления поверхности. Разработанные методы создания фотореалистичных цифровых моделей исторических артефактов могут быть использованы в *VR*-пространстве, позволяя детально рассмотреть в интерактивном формате.

Методы визуализации цифровых моделей активно применяются в различных областях: в медицине для планирования сложных операций, уменьшая риски для пациента [3], в архитектуре и строительстве визуализация позволяет представить будущее здание еще до формирования фундамента, в автомобильной промышленности эти методы используются для создания фотореалистичных прототипов новых моделей, в образовании и науке визуализация цифровых моделей делает понятными, например, строение молекулы ДНК или траектории движения космических аппаратов.

В нашей работе представлен процесс визуализации цифровых моделей исторических артефактов, который начинается с этапа 3*D*-сканирования [1]. Бесконтактная технология структурированным подсветом позволяет захватить геометрию, не нарушая их целостность. Для работы используется 3*D*-сканер *RangeVision Quant* с точностью сканирования 0,04 мм. Для возможности 3*D*-сканирования поверхность объекта требуется правильно подготовить, покрыв матирующим белым спреем, убирая все глянцевые участки. Полученные цифровые модели (рис. 1) содержат большое количество полигонов, поэтому для нанесения текстур и материалов их необходимо представить в низкополигональном виде.

Инструмент ретопологии *Poly pen* позволяет создавать, редактировать и оптимизировать полигональную сетку трехмерной модели. Аддон предоставляет возможность работать с низкополигональной сеткой, используя скан-модель в качестве шаблона, не выходя за его границы. На рис. 1 видно новую границу сетки и сетку отсканированной модели. Использование низкополигональной сетки приводит к тому, что детализация 3*D*-модели уменьшается, но весь рельеф будет отображаться благодаря нанесенной текстурной карте. После этапа ретопологии переходим к *UV*-развертке.

Рассмотрим основные правила *UV*-развертки: швы должны располагаться в естественных и менее заметных частях, необходимо придерживаться минимизации длины и их количества, использовать только в том случае, если без него *UV*-развертка дает сильное растяжение, а также *UV*-острова не должны пересекаться друг с другом.

После получения развертки с помощью специального инструмента (например, *UV Pack Master*) необходимо выполнить автоматическую упаковку *UV*-островов – она плотно разместит

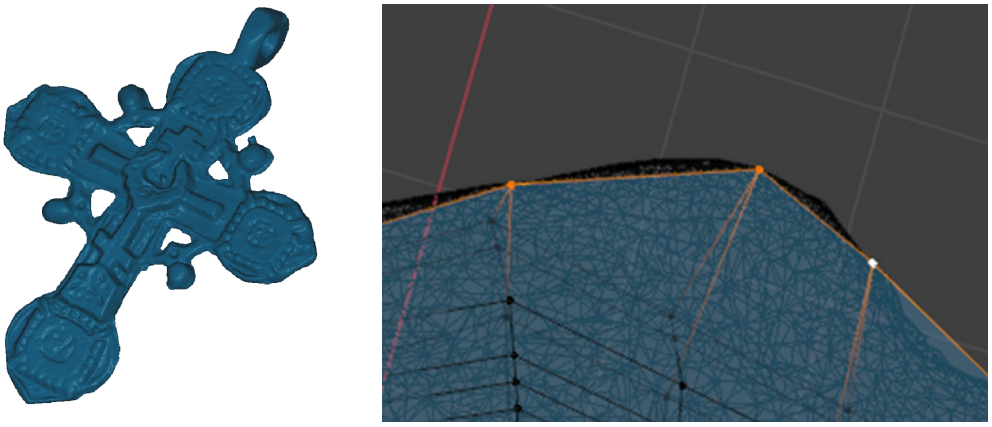

Рис. 1. Результат 3*D*-сканирования и этап ретопологии сетки

их в пределах текстурного пространства. Это значительно повышает плотность текселей (*texel density*), поскольку полезная площадь текстуры используется почти без пустых областей. В результате получается детализированное изображение. Для запекания текстур используем программу *Marmoset ToolBag*. Она направляет лучи от поверхности *Low-poly* (низкополигональная модель) вдоль нормалей, пересекает *High-poly* (скан-модель) и записывает информацию (*normal*, *AO* и другие).

Результатом являются файлы в формате *.psd*, которые представляют собой следующие текстуры.

1. *Normal map* – карта с пересчитанными нормалями в касательном пространстве (*Tangent Space*). Имитирует детализацию *High-poly* на *Low-poly* при динамическом освещении.
2. *Normal map* (*Object*) – карта нормалей в объектном пространстве (*Object Space*). Нормали хранятся относительно осей модели, а не ее поверхности.
3. *Height map* – карта высот. Кодирует смещение вершин (от черного = низко до белого = высоко).
4. *Position map* – карта объектных координат. Каждый пиксель хранит координаты (*X*, *Y*, *Z*) соответствующей точки модели в пространстве. Используется для масок (например, градиент по высоте) или эффектов (пыль только на вершинах).
5. *Curvature map* – карта выпуклостей/вогнутостей (кривизны). Используется для создания потертостей, царапин, пыли в углах, где белый цвет на выступах, черный – во впадинах.
6. *Thickness map* – карта толщины. Тонкие места (края) – черные, толстые (середина объема) – белые.
7. *Ambient Occlusion map* – карта затенения от окружающего света. Накладывается на диффузную текстуру для усиления объема.
8. *Material ID map* – карта цветовой маркировки материалов. Каждому материалу на *High-poly* назначается яркий контрастный цвет. При запекании получается карта, позволяющая в *Substance Painter* выделять области одним кликом для быстрого назначения материалов. Используется в случае, если модель состоит из нескольких мешей.

Завершающим этапом является текстурирование в *Substance painter*. Первые 3 слоя представляют собой металлическую основу коричневых оттенков. Слои смешаны друг с другом с помощью гранжевых текстур и шумов в качестве масок. Показатели шероховатости и металличности находятся в пределах 0,8–0,9. Далее применяется заливка светлого песчаного материала с генератором *Dirt*. Поверх песка нанесен похожий материал с зеленоватым оттенком, маска которого также изменена слоем *paint*. Поверх базовой коричневой заливки наложен слой материала ржавчины через генератор *Dripping Rust*, чтобы добавить реалистичности текстуре [4]. Накладываем несколько слоев бело-серых оттенков, которые имитируют налет и пыль, применяем генератор *Dirt* и *Hand paint* технику. На рис. 2 показаны результаты нанесения и редактирования текстур на каждом этапе.

Использование генераторов, которые невозможно перевести в *Triplanar projection*, приводит к заметным швам на поверхности. Чтобы их убрать, необходимо воспользоваться



Рис. 2. Текстурирование 3*D*-модели креста

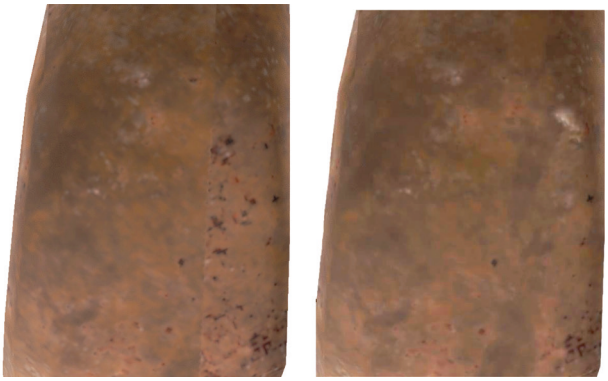

Рис. 3. Создание бесшовного представления текстуры



Рис. 4. Результат визуализации (слева – фото оригинального объекта, справа – визуализация цифровой модели)

инструментом *Clone*, который по каждому каналу (*albedo*, *metal*, *roughness*, *normal* и др.) копирует область вокруг шва, что создает бесшовность текстуры (рис. 3).

Заключительный слой служит для подчеркивания оригинальной карты нормалей. В ходе текстурирования были наложены материалы (*sand*, *rust*), которые перекрыли нормали ранее примененных текстур.

Для решения этой проблемы можно использовать карту *curvature*, подключенную в канал *Height*. Такой операцией можно выделять изгибы на 3*D*-модели, где это необходимо.

В результате работы был разработан метод визуализации цифровых моделей исторических артефактов с высокой детализацией текстур и материалов (рис. 4).

Работа направлена на увеличение интереса к истории родного края и России, открывает возможности для демонстрации 3*D*-моделей на устройствах отображения и в *VR*-пространстве на уроках, семинарах и мастер-классах по истории и археологии [2].

Данный метод может быть использован для цифровых моделей, созданных с использованием технологий 3*D*-сканирования.

Литература

1. Радченко, В.П. 3D технологии в археологии / В.П. Радченко // Труды института математики и информационных технологий Волгоградского государственного университета : сборник статей. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2022. – С. 55–60.
2. Радченко, В.П. Коллекция цифровых моделей копий исторических и археологических артефактов / В.П. Радченко, И.С. Маковеев // XXIX Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области: Тезисы докладов, Волгоград, 16 декабря 2024 года. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2025. – С. 71–75.
3. Манак, Т.Н. Использование 3D-визуализации при планировании эстетической терапии / Т.Н. Манак, И.В. Москалева, М.И. Гагарина, Ю.О. Лопатина, К.В. Кравченок // Современная стоматология. – 2019. – № 4(77). – С. 18–21.
4. Сотников, А.Н. Технологии визуализации 3D web-коллекций / И.Н. Соболевская, С.А. Кириллов, И.Н. Чередниченко // Научный сервис в сети Интернет. – 2018. – № 20. – С. 438–447.

References

1. Radchenko, V.P. 3D tekhnologii v arkheologii / V.P. Radchenko // Trudy instituta matematiki i informatsionnykh tekhnologij Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta : sbornik statej. – Volgograd : Volgogradskij gosudarstvennij universitet, 2022. – S. 55–60.
2. Radchenko, V.P. Kollektsiya tsifrovykh modelej kopij istoricheskikh i arkheologicheskikh artefaktov / V.P. Radchenko, I.S. Makoveev // XXIX Regionalnaya konferentsiya molodykh uchenykh i issledovatelej Volgogradskoj oblasti: Tezisy dokladov, Volgograd, 16 dekabrya 2024 goda. – Volgograd : Volgogradskij gosudarstvennij universitet, 2025. – S. 71–75.
3. Manak, T.N. Ispolzovanie 3D-vizualizatsii pri planirovanii esteticheskoj terapii / T.N. Manak, I.V. Moskaleva, M.I. Gagarina, YU.O. Lopatina, K.V. Kravchenok // Sovremennaya stomatologiya. – 2019. – № 4(77). – S. 18–21.
4. Sotnikov, A.N. Tekhnologii vizualizatsii 3D web-kollektsij / I.N. Sobolevskaya, S.A. Kirillov, I.N. CHerednichenko // Nauchnij servis v seti Internet. – 2018. – № 20. – S. 438–447.

© В.П. Радченко, А.С. Зуев, Т.А. Дьяконова, 2026

УДК 004.75:004.42

Architecture of a Request Distribution Automated System in an Omnichannel Service Environment

M.O. IGLIN, E.A. SVIRIDOVA, A.N. SVIRIDOV

National Research University of Electronic Technology, Moscow

Key words and phrases: high-load system; request routing; request distribution; omnichannel service contour; backend architecture; horizontal scaling; PostgreSQL; RabbitMQ; ESB; consistency; fault tolerance.

Abstract: The article presents the architectural design of a high-load system for automated routing and distribution of requests among managers in an omnichannel service contour. The goal of the study is to develop the architecture of an automated request distribution system for assigning requests to managers in an omnichannel service environment, ensuring stable processing of incoming flows under high and uneven load. To achieve this goal, the study analyzes the limitations of the initial centralized backend architecture, defines the requirements for the target solution, decomposes the system into functional contours for request reception, normalization, routing, assignment recording, and integration delivery, and substantiates the choice of PostgreSQL, Redis, and a message broker or ESB. The research hypothesis is that separating the critical request assignment contour and moving secondary operations to asynchronous processing can improve system stability and reduce the risk of duplicate request distribution. The study uses methods of system analysis, architectural design, comparative analysis of technological components, and modeling of request processing flows. As a result, a target architecture of a high-load system is proposed, providing controlled request assignment, localization of degradation in dependent components, support for horizontal scaling, and improved stability of the omnichannel service contour under peak loads.

Introduction

Modern support and sales environments operate under conditions of constantly growing volumes of incoming requests, increasing complexity of interaction channels, and higher requirements for response speed. Requests arrive from web forms, chats, telephone, e-mail, mobile applications, messengers, and external partner contours. Each request is characterized by a set of parameters, including the incoming channel, subject, priority, acceptable response time, and routing constraints. Under such conditions, the distribution of requests among managers turns from a simple assignment operation into a task of automated control of the incoming flow in a high-load system.

A similar logic for building an automated data processing contour is also applied in industrial quality control tasks: input data are received from sensors, processed by a software component, stored in a database, and used by an operator for decision-making [1].

At early stages, such tasks are often solved by a centralized backend service with a shared database and a set of synchronous assignment rules. However, as the number of requests, managers, internal target contours, and external integrations increases, this scheme begins to lose stability. The growth of queues, locks in the transactional store, competing updates of manager states, and delays of external APIs create prerequisites for cascading degradation of the system. As a result, SLA constraints are violated, the workload becomes unevenly distributed, the number of lost or duplicated requests increases, and the single routing service becomes a critical point of failure.

In this regard, the task of designing a high-load system for automated routing and distribution of requests becomes relevant. Such a system should operate under uneven flow conditions, support horizontal scaling, and ensure controlled consistency of state. It should receive requests from

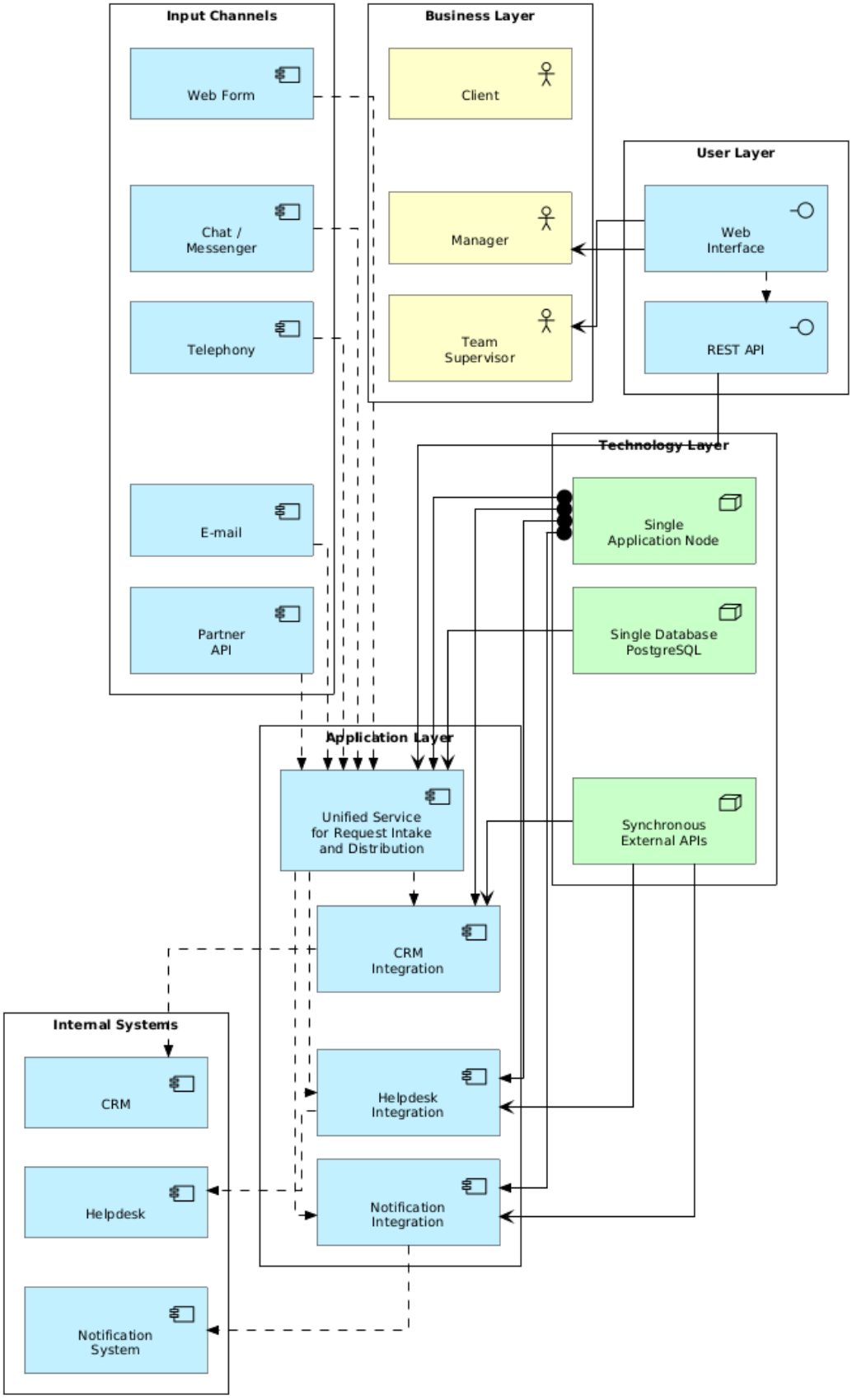

Fig. 1. AS-IS architecture of the request distribution system

different channels, convert them into a unified model, calculate routing criteria, take into account the current state of managers and service groups, perform assignment with minimal latency, and synchronize the result with internal systems.

The goal of the article is to describe an architectural solution for a high-load system of automated request distribution among managers in an omnichannel service contour. The engineering novelty of the proposed approach lies in designing an architecture in which request distribution is considered as a controlled multicomponent process rather than as a local function of a single backend service. The proposed solution is independent scalable components for request reception, normalization, routing, assignment recording, and delivery of the request to target internal contours [2].

Problem statement and limitations of the initial architecture

In the domain considered, the object of control is the flow of incoming requests entering support and sales contours. The control action consists in automated decision-making regarding routing and assignment of a request to a particular manager, a manager group, or an internal processing system. The quality criterion is the timely and correct assignment of a request while satisfying SLA constraints, executor workload limitations, routing rules, and the availability of target systems.

In practice, the initial architecture is often built according to a centralized scheme in which request reception, routing rule application, manager state checking, and assignment recording are performed by a single backend service with a shared relational database. External channels send requests to a single processing service that performs validation, determines the request type, selects an executor, and synchronously transfers the result to internal systems such as CRM, helpdesk, or the sales contour.

Such a scheme is acceptable under moderate load, but with increasing flow it becomes a source of systemic limitations. First, the assignment operation depends on synchronous access to the shared state of managers, which under concurrent processing leads to updating conflicts, locks, and growing latency. Second, high coupling with internal and external APIs makes the service sensitive to degradation of dependent contours. Third, the absence of a dedicated queue and background processing layer means that load spikes are immediately propagated to the routing service and the database. Under such conditions, cascading degradation arises, in which local performance deterioration of one component quickly spreads to the entire processing contour.

The initial centralized architecture of the request distribution system, which does not ensure stable operation under growing load, is shown in Fig. 1.

Requirements for the target architecture and choice of technological components

The designed system is supposed to support receiving requests from several channels, unifying input message formats, calculating routing rules, choosing the target executor, recording the assignment result, and delivering the request to internal systems. At the same time, it must ensure horizontal scaling, fault localization, asynchronous processing of part of the operations, and reprocessing of events without violating assignment consistency [3].

From the data perspective, the system is supposed to store the state of the request itself, the state of executor resources, and the state of the integration contour. Part of this information may be updated asynchronously, but the final assignment operation requires strict control of concurrent access and the exclusion of duplicate assignment [4].

PostgreSQL is an appropriate choice for the main transactional data store. This is due to the need for reliable state fixation, transaction support, concurrent access, and strict constraints at the data level. PostgreSQL is suitable for storing the request life cycle, routing state, assignment history, and the log of key operations. However, it should not be used as a universal tool for all tasks in the system; part of the reads, aggregates, and operational state selections should be moved to cache or derived representations.

To separate the critical processing path from background procedures, a message broker or integration bus is required. If the main scenario consists of guaranteed task delivery between backend services, support of retry mechanisms, and buffering of load spikes, the use of RabbitMQ or another AMQP-compatible broker is justified. If a large stream of events and repeated reading by independent consumers are required, Kafka-like solutions may be used. However, in the request distribution contour, the broker should be used not instead of assignment fixation, but after it, as a means of asynchronous delivery and isolation of secondary load.

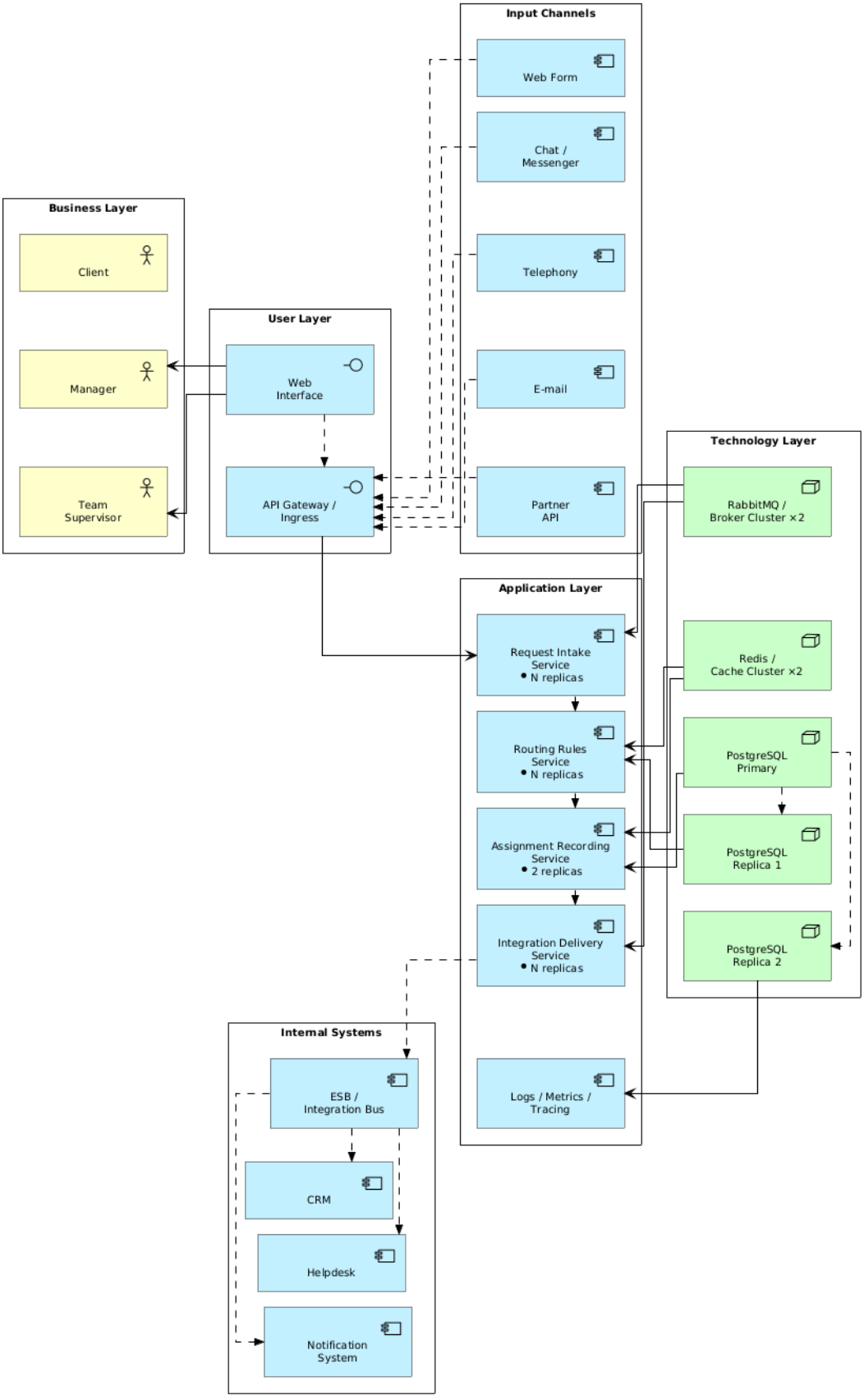

Fig. 2. TO-BE architecture of the high-load request distribution system

Projecting the target architecture of the request distribution system

The proposed architecture is built as a set of logically and technologically separated components responsible for different stages of the request life cycle. The main design principle is that incoming flow reception, routing decision-making, assignment fixation, and integration with internal systems should not be concentrated in one service and one synchronous contour [5].

The first layer forms the contour of omnichannel request reception. It includes APIs for receiving requests from a website, mobile applications, chat platforms, telephony, e-mail, external partners, and internal systems of repeated requests. At this level, the request must be accepted, validated, and transformed into a unified representation.

The second layer is the normalization and classification contour. Here, incoming messages are transformed into a unified domain model, with extraction of the channel, subject, category, priority, relation to the client, and business line. The result is a standardized event entering the routing contour.

The third layer forms the application routing contour. It includes the routing rules service, the manager state service, the target executor selection service, and the assignment fixation service. The routing rules service defines the admissible set of queues or managers for a particular request. The managers' state service maintains information about availability, workload, competencies, and constraints of resources. The executor selection service applies a routing strategy that considers the characteristics of the request and the current state of destination contours. The assignment fixation service completes the critical distribution operation and records the result in the transactional contour.

From the point of view of backend architecture, the application contour should be divided into synchronous and asynchronous parts. The synchronous path should include only those operations that are necessary for quick and deterministic routing and assignment of the request. All other operations, such as notifications, analytics, secondary updates, and synchronization with noncritical systems, should be moved to the asynchronous contour.

After the assignment is fixed, the request must be delivered to CRM, helpdesk, the sales contour, the notification service, or other internal systems. At the same time, the delivery result must not block the critical path of processing new requests. Therefore, interaction with internal systems should be organized through ESB or a message broker, making it possible to separate the moment of decision-making from the moment of actual integration [6].

The target architecture of the high-load automated routing and request distribution system is shown in Fig. 2.

Consistency, scaling, and protection against degradation

When moving to a distributed architecture, the consistency problem becomes central. In a request distribution system, it is not enough simply to scale services horizontally; it is necessary to guarantee that several parallel handlers do not make contradictory decisions regarding the same request or the same manager. The most critical operation is assigning a request to an executor. At this point, duplicate assignments must be excluded and controlled concurrent access to resource state must be ensured.

For aggregated workload metrics, analytical counters, and cached manager profiles, eventual consistency is acceptable. However, the final assignment operation requires a stricter coordination mechanism. In practice, this can be achieved through transactional control in PostgreSQL, a logical assignment coordinator, or a combination of optimistic version control and idempotent reprocessing of events.

From the point of view of CAP constraints, the system is supposed to use a differentiated approach: increased availability and asynchrony are acceptable in supporting contours, but at the point of assignment fixation priority should be given to state consistency. At the same time, assignment and integration with an external system should not be treated as a single distributed transaction. A more realistic approach is one in which assignment is recorded as a stable internal state, while delivery to dependent systems is carried out asynchronously with confirmation, retry, and idempotent result processing.

Protection against cascading degradation is achieved by decomposing the critical path, broad use of asynchronous exchange, independent horizontal scaling of components, queue depth control, and designing the system with failure as a normal operational mode [7]. In particular, degradation of the integration contour should not block request reception and primary distribution, and the growth of

the incoming flow should not lead to a linear increase in the number of synchronously connected operations [8].

Conclusion

The article considers the task of designing a high-load system for automated routing and distribution of requests among managers in an omnichannel service contour. It is shown that as the number of channels, managers, internal target contours, and external integrations grows, the centralized distribution scheme becomes a source of bottlenecks, concurrency conflicts, delays, and cascading degradation.

The proposed architectural solution is based on decomposing the system into independent scalable contours of request reception, normalization, routing, assignment fixation, and integration delivery. The article substantiates the necessity of separating transactional and event contours of storage, shows the role of asynchronous processing in degradation localization, and examines limitations connected with state consistency and the need to coordinate the critical request assignment operation.

The engineering value of the proposed approach lies in the fact that it makes it possible to consider request distribution as a controlled process of automated routing in a distributed environment rather than as a private function of a single backend service. The practical significance of the proposed architecture lies in reducing request assignment time, lowering the probability of request loss or duplication, achieving more even workload distribution among managers, and improving system stability under peak loads.

References

1. Загребин, А.А. Применение алгоритмов компьютерного зрения в дефектоскопии / А.А. Загребин, Е.А. Свиридова, А.Н. Свиридов, А.В. Щагин // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 11(194). – С. 22–26.
2. Бернс, Б. Распределенные системы. Паттерны проектирования / Б. Бернс. – Питер, 2021.
3. Клеппманн, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппманн. – O'Reilly Media, 2017.
4. Рогов, Е. PostgreSQL 14 изнутри / Е. Рогов. – ДМК Пресс, 2022.
5. Ньюмен, С. Создание микросервисов : 2-е изд. / С. Ньюмен. – O'Reilly Media, 2021.
6. Chappell, D.A. Enterprise Service Bus: Theory in Practice / D.A. Chappell. – O'Reilly Media, 2004.
7. Хоп, Г. Шаблоны интеграции корпоративных приложений / Г. Хоп, Б. Вульф. – Addison-Wesley Professional.
8. Нейгард, М. Release It! Проектирование и дизайн ПО для тех, кому не все равно / М. Нейгард. – СПб. : Питер, 2016.

References

1. Zagrebin, A.A. Primenenie algoritmov kompyuternogo zreniya v defektoskopii / A.A. Zagrebin, E.A. Sviridova, A.N. Sviridov, A.V. SHCHagin // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 11(194). – S. 22–26.
2. Berns, B. Raspredelennye sistemy. Patterny proektirovaniya / B. Berns. – Piter, 2021.
3. Kleppmann, M. Vysokonagruzhennye prilozheniya. Programmirovanie, masshtabirovanie, podderzhka / M. Kleppmann. – O'Reilly Media, 2017.
4. Rogov, E. PostgreSQL 14 iznutri / E. Rogov. – DMK Press, 2022.
5. Nyumen, S. Sozdanie mikroservisov : 2-e izd. / S. Nyumen. – O'Reilly Media, 2021.
7. KHop, G. SHablony integratsii korporativnykh prilozhenij / G. KHop, B. Vulf. – Addison-Wesley Professional.
8. Nejgard, M. Release It! Proektirovanie i dizajn PO dlya tekh, komu ne vse ravno / M. Nejgard. – SPb. : Piter, 2016.

© M.O. Iglin, E.A. Sviridova, A.N. Sviridov, 2026

УДК 004.75

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА DBSCAN ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ LIDAR НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ MPI И CUDA

М.Б. СПИВАКОВ, Р.Р. ГОНЧАРОВ, Т.Р. КОСТЮЧЕНКО, О.Г. МАЛЕЕВ

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: пространственная кластеризация; параллельные вычисления; *DBSCAN*; *MPI*; *CUDA*; суперкомпьютерные технологии; *LiDAR*; декомпозиция пространства.

Аннотация: Целью исследования является разработка и оценка эффективности гибридного параллельного алгоритма пространственной кластеризации *DBSCAN* для ускорения обработки массивов данных лазерного сканирования. В качестве основных задач выделены обход ограничений по объему видеопамяти на графических процессорах и минимизация времени выполнения кластеризации сверхбольших наборов пространственных данных. Гипотеза исследования заключается в том, что интеграция интерфейса передачи сообщений и вычислительной платформы *CUDA* с использованием пространственного сеточного индексирования позволит эффективно масштабировать производительность алгоритма и исключить переполнение памяти на одиночных узлах. Применены методы параллельных вычислений, пространственное сеточное хеширование для распределения координат на графических процессорах и глобальное иерархическое слияние графов для объединения кластеров на центральном процессоре. Достигнутые результаты экспериментально подтверждают высокую масштабируемость подхода на наборе данных объемом 3,66 млн точек. Алгоритм успешно предотвратил сбои нехватки видеопамяти, снизив пиковую потребность с критических 12 гигабайт до стабильных 2,42 гигабайта на одно устройство, а также обеспечил кратное ускорение вычислений. Разработанный метод применим для систем пакетной обработки и трехмерного моделирования крупных территорий.

Современные технологии лазерного сканирования позволяют получать детальные трехмерные цифровые модели местности, однако рост плотности регистрируемых координат создает высокую вычислительную сложность. Стандартные алгоритмы анализа сталкиваются с жесткими ограничениями по скорости выполнения и объему используемой памяти. Это приводит к критическому росту времени обработки на однопроцессорных системах и требует перехода к высокопроизводительным параллельным архитектурам.

При обработке пространственных данных широко применяется алгоритм плотностной кластеризации *DBSCAN*. В отличие от альтернативных методов, он не требует предварительного указания ожидаемого количества групп, способен выделять структуры произвольной формы и эффективно фильтрует помехи, что важно при работе с реальными сенсорами. Но его использование ограничено квадратичной вычислительной сложностью базовой реализации, требующей попарного расчета расстояний между всеми элементами выборки.

Существующие подходы к параллельному ускорению имеют свои недостатки. Использование популярных фреймворков обработки больших данных сопровождается высокими накладными расходами на сериализацию объектов и избыточным сетевым трафиком. Перенос расчетов на графические процессоры с применением древовидных структур поиска плохо сочетается с архитектурой видеокарт, так как частые логические ветвления вызывают простой вы-

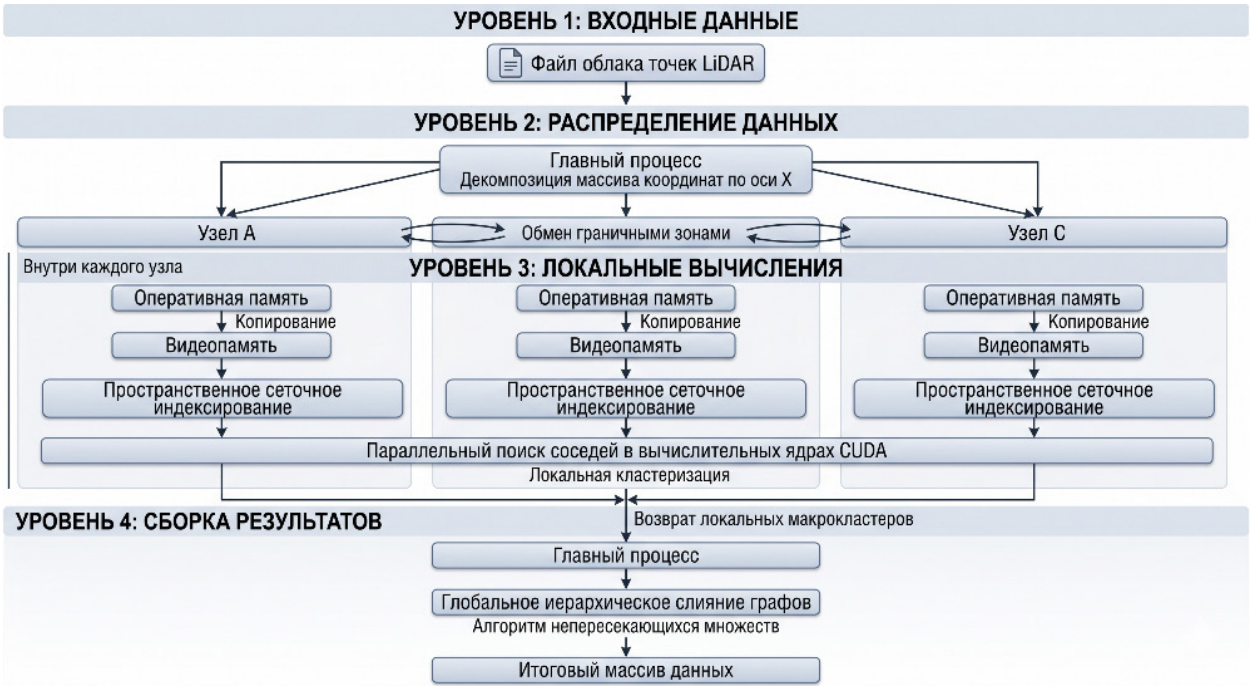

Рис. 1. Архитектурная схема программного комплекса

числительных потоков. В свою очередь, распределенные подходы часто сталкиваются с падением производительности на этапе финального объединения результатов, когда главный узел не справляется с нагрузкой от параллельных процессов.

Целью данной работы является разработка гибридного параллельного алгоритма пространственной кластеризации на основе интеграции интерфейса *MPI* и технологии *CUDA*. Предложенный подход позволяет эффективно обрабатывать массивы координат большого объема, успешно преодолевая аппаратные ограничения одиночных графических ускорителей по объему памяти.

Для решения проблемы низкой скорости работы алгоритма *DBSCAN* на больших объемах данных была разработана архитектура, распределяющая вычислительные нагрузки между узлами суперкомпьютера посредством интерфейса *MPI* и параллельные вычисления на уровне потоков графического процессора с использованием технологии *CUDA*. Общая схема разработанного метода представлена на рис. 1. Архитектура разработанного метода включает три ключевых этапа: блочное разделение трехмерного пространства с построением координатных сеток, параллельный поиск ближайших соседей на графических ускорителях и финальное связывание пересекающихся сегментов кластеров на центральном процессоре.

Основная вычислительная нагрузка при определении плотности точек ложится на графические процессоры. Традиционный поиск ближайших соседей с использованием древовидных структур плохо подходит для архитектуры графических ускорителей из-за большого количества условных операторов и логических разветвлений в коде. Такие разветвления нарушают синхронность параллельных потоков и вызывают простои ядер. Использование регулярных сеток хеширования позволяет минимизировать неравномерность загрузки вычислительных блоков *GPU* и исключить эти аппаратные издержки в параллельных потоках *CUDA*.

В отличие от классических подходов применено пространственное сеточное хеширование. Все трехмерное пространство, содержащее облако точек, разбивается на одинаковые кубические ячейки, размер которых равен радиусу окрестности ε. Каждой точке на основе ее координат вычисляется уникальный ключ ячейки. Процесс хеширования выполняется параллельно для всех точек в памяти графического ускорителя.

Для ускорения доступа к данным точки сортируются по значению их хеш-кодов. Это по-

зволяет сгруппировать элементы, находящиеся близко в пространстве, в смежных областях памяти видеокарты. Такой подход обеспечивает последовательное чтение данных без лишних задержек при обращении к глобальной видеопамяти, так как потоки одного вычислительного блока считывают расположенные подряд адреса.

После распределения точек по ячейкам запускается параллельный поиск соседей. Для каждой конкретной точки проверка ограничивается исходной ячейкой, в которую она попала, и 26 соседними элементами, имеющими с ней общие грани, ребра или вершины в трехмерном пространстве, что формирует область поиска из 27 смежных ячеек. Это существенно сокращает количество вычисляемых расстояний. Поиск локальных скоплений выполняется средствами библиотеки *CuPy*, что позволяет проводить все матричные операции непосредственно в видеопамяти без промежуточного копирования данных в оперативную память процессора.

В классической реализации *DBSCAN* проверка принадлежности точек к ε-окрестности требует полного обхода матрицы попарных расстояний, что дает сложность $O(N^2)$. В предложенной архитектуре на базе графических ускорителей вычислительная сложность существенно снижена. Этап пространственного хеширования и сортировки ключей ячеек с использованием поразрядной сортировки на *GPU* выполняется за время $O(N)$. На этапе локального поиска соседей для каждой из N точек проверка ограничивается только ее базовой ячейкой и 26 соседними элементами сетки, имеющими с ней общие грани, ребра или вершины в трехмерном пространстве. Таким образом, локальная сложность поиска сокращается до $O(N \times K)$, где K – максимальное количество точек в пределах 27 ячеек. Итоговая вычислительная сложность алгоритма на каждом узле зависит от объема локальной подвыборки и составляет $O(N)$ при относительно равномерном распределении плотности, что обеспечивает высокую производительность метода при обработке больших массивов данных.

При разделении исходного массива пространственных данных неизбежно возникает проблема разрыва целостных геометрических объектов. Кластер, пересекающий плоскость сечения x_{split}, будет ошибочно определен *MPI*-узлами как два различных подкластера.

Для обеспечения точности результатов, эквивалентной классическому последовательному алгоритму, реализован механизм обработки граничных зон. Пусть вычислительный узел A обрабатывает подмножество точек в диапазоне координат $[x_{min}, x_{max}]$. Перед запуском локального ядра *DBSCAN* узел A инициирует информационный обмен со смежными узлами для получения точек, попадающих в граничные интервалы $[x_{min} - \varepsilon; x_{max}]$ и $[x_{max}, x_{min} + \varepsilon]$, где ε – радиус окрестности алгоритма.

Соседние узлы выделяют координаты элементов из пограничных интервалов и передают их процессу A. Полученные данные загружаются в видеопамять графического ускорителя с отметкой граничных точек. В процессе вычислений эти импортированные элементы используются исключительно в качестве вспомогательной информации. Они позволяют проверить, выполняется ли условие минимального количества соседей для собственных точек узла A. Но сами граничные элементы не могут служить центрами для формирования новых кластеров на данном устройстве. Такое разделение функций позволяет смежным узлам согласованно определить общую границу пересекающегося объекта. При этом полностью исключаются повторные вычисления, а объем сетевого трафика ограничивается только узкой зоной стыка.

Разработанный параллельный алгоритм реализован на языке *Python* с использованием библиотек для высокопроизводительных вычислений.

Распределенная среда обмена сообщениями между узлами суперкомпьютера построена с использованием интерфейса *MPI* посредством библиотеки *mpi*4*py*. Данный модуль отвечает за разделение исходного пространства, координирует асинхронный обмен граничными элементами между процессами и осуществляет финальный сбор локальных графов на главном вычислительном процессе для их последующего слияния.

Локальная кластеризация на графических ускорителях реализована с помощью библиотеки *CuPy*. Все матричные операции и вычисление расстояний между точками происходят непосредственно в видеопамяти *GPU*. Такой подход позволяет использовать вычислительную мощность графического процессора без промежуточного копирования данных в оперативную память центрального процессора, что устраняет задержки при работе с памятью и

Таблица 1. Сравнительный анализ производительности

Архитектура	Ресурсы	Время , сек	*RAM*, ГБ	*VRAM*, ГБ
CPU-Baseline	1 ядро	77,74	10,54	–
CPU-Baseline	8 ядер	68,56	25,18	–
CUDA	1 *GPU*	Сбой памяти	–	12,00
MPI + CUDA	2 *GPU* (1 узел)	64,85	1,05	9,90
MPI + CUDA	4 *GPU* (2 узла)	17,05	0,87	4,96
MPI + CUDA	8 *GPU* (4 узла)	9,38	0,73	2,42

обеспечивает высокую скорость выполнения алгоритма.

Для оценки эффективности, масштабируемости и аппаратных ограничений разработанного гибридного алгоритма была проведена серия вычислительных экспериментов на суперкомпьютере «Политехник – РСК Торнадо». Тестирование выполнялось на вычислительных узлах архитектуры *tornado-k*40. Каждый узел включает в себя два 14-ядерных процессора *Intel Xeon CPU E*5-2697 *v*3 с тактовой частотой 2.60*GHz*, 64 ГБ оперативной памяти, а также два графических ускорителя *NVIDIA Tesla K*40*x* с объемом видеопамяти 12 ГБ *GDDR*5 на каждое устройство. В качестве тестового набора данных использовалось консолидированное облако точек *LiDAR* сверхвысокой плотности объемом 3,66 млн пространственных координат.

В ходе экспериментов проводилось прямое сопоставление классической многопоточной реализации *DBSCAN* из библиотеки *Scikit-Learn* на *CPU*, изолированного *GPU*-вычислителя и предложенной гибридной *MPI+CUDA* архитектуры. Результаты профилирования времени выполнения и пикового потребления оперативной и видеопамяти представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных позволяет сделать ряд выводов, доказывающих преимущество разработанного распределенного подхода:

Ограничения классических многопоточных *CPU*-архитектур. Результаты показывают неэффективность классических алгоритмов при обработке сверхбольших массивов пространственных данных. Увеличение вычислительной мощности *CPU* в 8 раз привело к ускорению алгоритма всего на 11 %, а именно с 77,7 до 68,5 с. Более того, из-за накладных расходов пиковое потребление системной памяти на 8 ядрах возросло до 25,18 ГБ. Это существенно ограничивает использование стандартных процессоров при обработке больших массивов пространственных данных на обычных компьютерах.

Запуск алгоритма на отдельном графическом ускорителе без использования *MPI* завершился аварийной остановкой процесса, вызванного критическим переполнением видеопамяти. Объем выделенной памяти, необходимый для хранения сетки хеширования и матрицы соседей для 3,66 млн точек, превысил физический лимит карты *Tesla K*40*x*, который составляет 12 ГБ. В то же время классический *CPU*-алгоритм выполняет задачу без сбоев, но требует более 25 ГБ оперативной памяти и работает значительно медленнее. Предложенный метод успешно решает эту проблему за счет предварительного разбиения данных: при распределении задачи на вычислительные узлы нагрузка на видеопамять падает до стабильных 2,42 ГБ на одно устройство.

При масштабировании системы от 2 до 4 графических ускорителей зафиксирован рост производительности. Вычислительная мощность увеличилась в 2 раза, однако время обработки сократилось в 3,8 раза – с 64,85 до 17,05 секунд. Эти результаты обоснованы уменьшением объема данных на каждом ускорителе, что позволило полностью разместить массивы локальных сеточных структур в кэш-памяти графических процессоров.

В ходе экспериментов было установлено, что топологическая корректность алгоритма сохраняется до 8 узлов включительно, при этом выделяется 26–27 кластеров. Дальнейшее разделение на 16 и более узлов приводит к эффекту переразбиения: ширина локальной зоны

становится меньше радиуса поиска ε, что нарушает геометрию обмена граничными точками и приводит к ложному слиянию всех групп в один объект на этапе связывания. Таким образом, конфигурация из 4 узлов с 8 *GPU* признана оптимальным пределом для данного объема данных, обеспечивая обработку за 9,38 с.

В ходе исследования разработан и протестирован гибридный параллельный алгоритм *DBSCAN*, объединяющий технологии *MPI* и *CUDA*. Результаты экспериментов подтвердили его высокую эффективность при обработке больших наборов пространственных данных.

Предложенный метод успешно решает проблему нехватки видеопамяти графических ускорителей. При этом алгоритм работает многократно быстрее стандартных многопоточных процессорных решений. В ходе тестирования также были определены оптимальные границы масштабирования вычислительной системы и выявлен предел разделения данных, гарантирующий точность и отсутствие ошибок объединения.

Полученные результаты позволяют рекомендовать созданный метод для практического применения в системах автоматизированного картографирования и трехмерного моделирования крупных территорий.

Литература/References

1. Voevodin, V.V. Mathematical Foundations of Parallel Computing / V.V. Voevodin. – London ; Singapore : World Scientific, 1992. – 343 p.

2. Dalcin, L. MPI for Python / L. Dalcin, R. Paz, M. Storti // Journal of Parallel and Distributed Computing. – 2005. – Vol. 65. – No. 9. – P. 1108–1115.

3. Ester, M. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise / M. Ester, H.P. Kriegel, J. Sander, X. Xu // Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96), 1996. – P. 226–231.

4. CUDA C++ Programming Guide / NVIDIA Corporation. – Santa Clara : NVIDIA Corporation, 2023. – 350 p.

5. Okuta, R. CuPy: A NumPy-Compatible Library for NVIDIA GPU Calculations / R. Okuta, Y. Unno, D. Nishino, S. Hido, C. Loomis // Proceedings of Workshop on Ma-chine Learning Systems (LearningSys) in The Thirty-first Annual Conference on Neural Information Processing Systems, 2017. – P. 1–7.

6. Pedregosa, F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot, E. Duchesnay // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.

© М.Б. Спиваков, Р.Р. Гончаров, Т.Р. Костюченко, О.Г. Малеев, 2026

УДК 004.86

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ (MLOPS)

Д.С. СТАРКОВА, А.Д. УЛАНОВ, А.В. ФРОЛОВ, С.В. МАЛАХОВ

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова и фразы: MLOps; онтологическая модель; жизненный цикл модели машинного обучения; семантические технологии; мультиагентная система; *Protégé*; *Owlready*2; когнитивная нагрузка.

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы высокой когнитивной нагрузки на инженерный состав в *MLOps*-системах, вызванной фрагментацией инструментов и метаданных. Целью исследования является разработка онтологической модели управления жизненным циклом (**ЖЦ**) моделей машинного обучения, обеспечивающей автоматизацию принятия решений в сложных социотехнических системах. В основу работы легла гипотеза о том, что использование многоуровневой онтологии в качестве единого семантического слоя в мультиагентной среде позволит сократить время подготовки моделей и снизить когнитивную нагрузку за счет автоматического сопоставления состояний артефактов и инфраструктурного контекста. Исследование базируется на методах онтологического инжиниринга (использование среды *Protégé* и языка *OWL*), мультиагентного подхода и программной реализации на языке *Python* с применением специализированных библиотек (*Owlready*2, *Pandas*). Достигнутые результаты включают разработанную онтологическую модель и программный прототип, интегрированный в мультиагентную архитектуру. В ходе апробации экспериментально подтверждено сокращение времени подготовки новых версий моделей с 45 до 12 минут, снижение интегрального показателя когнитивной нагрузки на 38 % по шкале *NASA-TLX* и достижение точности автоматического логического вывода на уровне 85 %.

Введение

Современный этап развития систем искусственного интеллекта характеризуется переходом от разработки единичных прототипов к промышленному внедрению моделей машинного обучения в корпоративную инфраструктуру. Данный процесс аккумулируется в концепции *MLOps*, которая представляет собой не просто набор инструментов для непрерывной интеграции и доставки, а сложную социотехническую систему [1]. В рамках такой системы взаимодействуют гетерогенные субъекты: с одной стороны, это инженеры по машинному обучению (исследователи данных), инженеры по разработке и эксплуатации (*DevOps*-инженеры) и специалисты по предметной области, с другой стороны – программные агенты, автоматизирующие пайплайны обработки данных, обучения и развертывания.

Проблемой, препятствующей масштабированию *MLOps*-решений, является высокая когнитивная нагрузка на инженерный состав [2; 3]. Данная нагрузка обусловлена необходимостью одновременного управления множеством разнородных артефактов: версиями наборов данных, гиперпараметрами моделей, конфигурациями вычислительной инфраструктуры и версиями исполняемого кода. Разрозненность инструментов хранения метаданных (например, *MLflow* для экспериментов, *DVC* для данных, *Git* для кода) приводит к фрагментации контекста. В результате принятие решений о переобучении модели, ее откате или масштабировании ресурсов требует от инженера ручного сопоставления разрозненных сведений, что увеличива-

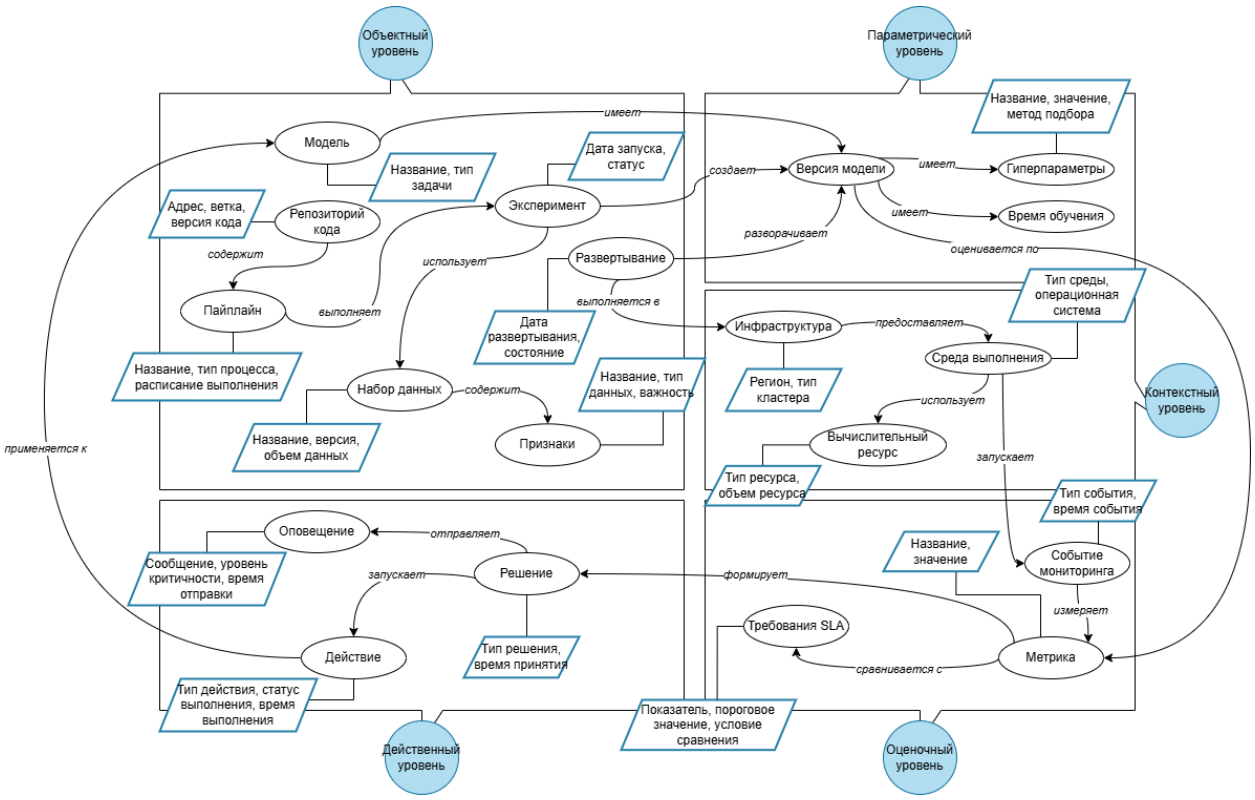

Рис. 1. Концептуальная схема онтологии жизненного цикла *MLOps*

ет временные затраты и вероятность ошибок. Возникает необходимость в создании единого семантического слоя, который обеспечивал бы формализованное представление знаний о жизненном цикле модели, позволяя автоматизировать рутинные операции управления [4].

Постановка задачи

Для формализации процесса управления жизненным циклом модели машинного обучения необходимо определить его структуру через совокупность операций, ресурсов и контрактов [8]. В контексте *MLOps* жизненный цикл рассматривается не как линейная последовательность этапов, а как циклический процесс, включающий итеративные возвраты между этапами. Операции в данной модели представляют собой активные действия, изменяющие состояние системы: обучение, валидация, развертывание и мониторинг. Ресурсы выступают в роли пассивных объектов, потребляемых или порождаемых операциями. Специфика *MLOps* накладывает ограничения на типы ресурсов: к ним относятся, прежде всего, вычислительные мощности (графические и центральные процессоры), а также наборы данных (датасеты), выступающие в качестве сырья для обучения. Контракты или проекты задают ограничения и целевые показатели, в рамках которых функционирует система.

Критерии эффективности управления жизненным циклом в предлагаемой модели базируются на нескольких показателях. Первым из них является время вывода модели на рынок или в продуктивную среду, которое характеризует скорость прохождения пайплайна от возникновения потребности в обновлении до момента фактического развертывания. Вторым критерием выступает точность модели, отражающая ее предсказательную способность на контрольных данных. Третьим критерием является латентность – время обработки запроса в продуктивной среде. Наконец, четвертым критерием выступает время анализа инцидентов, возникающих в процессе эксплуатации, которое напрямую влияет на доступность сервиса. Задача настоящего исследования заключается в разработке онтологической модели, которая позволила бы связать перечисленные операции,

Таблица 1. Классы модели

Наименование	Обозначение	Описание
Модель	*Model*	Описывает алгоритмическую модель машинного обучения как логическую сущность, предназначенную для решения определенной задачи анализа данных. Является центральным объектом *MLOps*-контура
Набор данных	*Dataset*	Описывает совокупность данных, используемых для обучения, валидации или тестирования моделей. Хранит ссылки на внешние источники данных и служит основой для формирования признаков и экспериментов
Признак	*Feature*	Представляет отдельную характеристику или переменную, извлеченную из набора данных и используемую моделью для обучения и предсказаний
Эксперимент	*Experiment*	Описывает процесс обучения и тестирования модели с определенными параметрами и входными данными. Используется для фиксации результатов обучения и сравнения различных конфигураций моделей
Пайплайн	*Pipeline*	Представляет автоматизированную последовательность этапов обработки данных и обучения модели, включая подготовку данных, обучение, тестирование и публикацию результатов
Репозиторий кода	*CodeRepository*	Описывает источник программного кода, используемого для реализации моделей и пайплайнов машинного обучения. Обычно связан с системой контроля версий
Версия модели	*ModelVersion*	Представляет конкретную реализацию модели, полученную в результате отдельного обучения или эксперимента. Позволяет отслеживать эволюцию модели и управлять различными вариантами ее реализации
Гиперпараметры	*Hyperparameters*	Описывает совокупность настроек модели машинного обучения, определяющих процесс ее обучения и структуру. К гиперпараметрам относятся, например, скорость обучения, количество слоев, размер батча и другие параметры конфигурации модели. Используются для различения различных версий модели и анализа результатов экспериментов
Время обучения	*TrainingTime*	Характеризует продолжительность процесса обучения модели. Используется для оценки вычислительных затрат и эффективности различных конфигураций модели и инфраструктуры
Развертывание	*Deployment*	Представляет процесс публикации обученной версии модели в рабочей среде для выполнения предсказаний или обработки запросов
Инфраструктура	*Infrastructure*	Описывает совокупность вычислительных и программных ресурсов, используемых для обучения, тестирования и эксплуатации моделей
Среда выполнения	*Execution Environment*	Определяет программно-аппаратную среду, в которой выполняется модель или пайплайн, включая операционные системы, библиотеки и контейнерные среды
Вычислительный ресурс	*ComputeResource*	Абстрактный класс, описывающий аппаратные ресурсы, используемые при обучении и эксплуатации моделей
Метрика	*Metric*	Абстрактный класс, описывающий количественный показатель качества модели или состояния данных
Событие мониторинга	*MonitoringEvent*	Описывает факт наблюдения состояния модели, данных или инфраструктуры в процессе эксплуатации. Используется как источник данных для вычисления метрик
Требование *SLA*	*SLARequirement*	Описывает ограничения и требования к качеству функционирования системы, включая допустимые значения метрик и производительности
Решение	*Decision*	Представляет результат логического вывода системы на основе анализа метрик и контекста инфраструктуры. Определяет необходимость выполнения управляющего действия
Действие	*Action*	Абстрактный класс, описывающий возможные управляющие воздействия на систему *MLOps*, инициируемые на основе принятых решений
Оповещение	*Alert*	Сообщение, генерируемое системой при обнаружении отклонений метрик или нарушений требований *SLA*

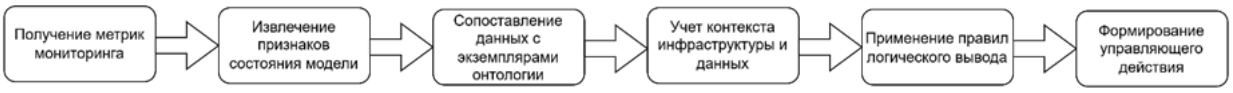

Рис. 2. Механизм перехода от логов мониторинга к управляющим действиям

ресурсы и контракты в единую систему, обеспечивающую снижение когнитивной нагрузки за счет автоматизации логических выводов [5].

Разработка онтологической модели MLOps

Формирование онтологической модели базируется на многоуровневом подходе, позволяющем разделить абстракции данных, параметров, контекста, оценки и управляющих воздействий. В качестве инструментария для построения графа классов, атрибутов и свойств использовалось программное средство *Protégé*, предоставляющее возможности для визуального редактирования онтологий в формате *Web Ontology Language* (***OWL***). Предложенная онтология структурирована по пяти концептуальным уровням (рис. 1):

1) *объектный*: описывает материальные и нематериальные артефакты, циркулирующие в *MLOps*-контуре;

2) *параметрический*: определяет характеристики артефактов, представленных на объектном уровне [9];

3) *контекстный*: описывает среду функционирования модели;

4) *оценочный*: предназначен для хранения метрик эффективности;

5) *действенный*: содержит набор управляющих воздействий, которые могут быть инициированы системой.

При проектировании был использован принцип слабой связанности: в онтологии хранятся только ссылки на тяжелые артефакты (веса моделей, датасеты), что обеспечивает высокую производительность логического вывода. Также хранение ссылок позволяет сохранить единственный источник истины (*Single Source of Truth*), когда сами данные управляются специализированными системами (например, *DVC* или *S*3), а онтология обеспечивает семантическую надстройку над ними.

Основные сущности разработанной онтологической модели и их семантическое назначение представлены в табл. 1.

Механизм логического вывода и программная реализация

Для обеспечения функциональности онтологической модели была разработана программная реализация, включающая загрузку *OWL*-файла, создание экземпляров классов, а также реализацию правил логического вывода с использованием языка *Python*. В качестве основной библиотеки для работы с онтологиями выступила *Owlready*2, которая позволяет загружать *OWL*-онтологии, манипулировать экземплярами и выполнять запросы к базе знаний. Для обработки потоковых данных мониторинга использовалась библиотека *Pandas*, обеспечивающая удобную структуризацию временных рядов метрик [10].

Механизм перехода от логов мониторинга к управляющим действиям основан на правиле вывода: «состояние данных + контекст инфраструктуры → логическое решение» (рис. 2). Входящие данные мониторинга, такие как текущие значения метрик модели, статус вычислительных узлов и информация об обновлениях в репозиториях данных, поступают в систему, где они сопоставляются с актуальными экземплярами онтологии. На основе этого сопоставления активируются правила, записанные на языке *Semantic Web Rule Language* или реализованные в виде пользовательских функций на *Python*. Пример правила иллюстрирует логику автоматического управления: если текущее значение точности модели, зафиксированное в оценочном уровне, падает ниже заданного порогового значения и при этом в объектном уровне зафиксировано появление нового экземпляра набора данных (датасет был обновлен), то система инициирует создание экземпляра управляющего воздействия «Переобучить». Данное правило связывает воедино состояние артефакта (модель) и состояние ресурса (данные), формируя целостное решение. Функции программного модуля логического вывода реализуют правила сопоставления состояний модели и управляющих действий:



Рис. 3. Схема общей архитектуры мультиагентной интеграции *MLOps*

- приоритет управляющих действий;
- диагностика при отсутствии отклонений;
- обработка неопределенности.

После определения состояния системы формируется управляющее действие. При этом модуль логического вывода учитывает:

- базовое действие, соответствующее текущему состоянию модели;
- модификацию действия в зависимости от инфраструктурного контекста (например, при высокой загрузке вычислительных ресурсов может инициироваться масштабирование инфраструктуры);
- учет эксплуатационных ограничений (например, при нарушении требований *SLA* система инициирует откат к предыдущей стабильной версии модели).

Также в реализации уделено внимание обработке ситуаций неполных данных, характерных для реальных эксплуатационных сценариев. В промышленных *MLOps*-системах возможны сбои сбора метрик, задержки передачи данных или недоступность определенных сенсоров мониторинга.

Для обработки неполных данных внедрен механизм ожидания: если метрика отсутствует в течение 3 циклов опроса (5 минут), объекту присваивается статус «не определено», инициирующий создание задачи для инженера [11].

Интеграция в мультиагентную среду MLOps

Разработанная онтологическая модель выступает в роли семантической надстройки над существующими инструментами *MLOps*, обеспечивая унифицированное представление знаний. Интеграция в типовую *MLOps*-систему не требует создания полноценной инфраструктуры «с нуля»: онтология служит общей базой знаний, доступной компонентам системы через программный интерфейс.

Архитектура интеграции построена на мультиагентном подходе (рис. 3). Вместо монолитного оркестратора применяется совокупность специализированных агентов, каждый из которых отвечает за свою область жизненного цикла: агент обучения инициирует процессы тренировки и отслеживает их статус, агент деплоя управляет развертыванием контейнеров и сервисов, агент мониторинга собирает метрики и фиксирует их в онтологии [12]. Взаимодействие между агентами осуществляется через чтение и запись данных в онтологию, а не через жестко прописанные интерфейсы. Онтология помогает в разрешении конфликтов. Правила

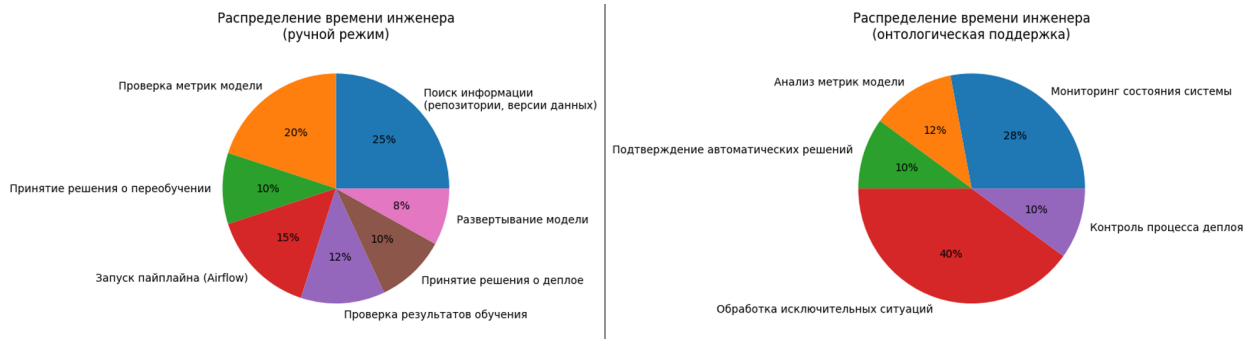

Рис. 4. Графики распределения времени инженера

безопасности формулируются как ограничения: например, «не развертывать модель, если она не прошла проверку на отсутствие смещения данных». При попытке агента деплоя развернуть модель, у которой в оценочном уровне отсутствует подтверждение прохождения проверки смещения или индекс смещения превышает порог, онтология блокирует действие и возвращает семантическую ошибку о нарушении бизнес-правила.

Интеграция с внешними системами (*Git*, *MLflow*, *Airflow*) реализована на уровне адаптеров, синхронизирующих их состояние с онтологией. *Git* предоставляет данные о версиях кода, *MLflow* – о метриках экспериментов и артефактах моделей, *Airflow* – о статусах выполнения пайплайнов. Через программные интерфейсы эти данные преобразуются в экземпляры классов онтологии.

Апробация и оценка эффективности

Для подтверждения работоспособности модели проведен сравнительный эксперимент по управлению жизненным циклом модели машинного обучения в двух режимах: ручном и автоматизированном с онтологической поддержкой. Эксперимент выполнялся в среде *Jupyter Notebook* с визуализацией результатов в *Matplotlib*. В качестве модельной задачи использовался пайплайн бинарной классификации, включающий регулярное обновление данных, переобучение и развертывание модели.

Основное сравнение проводилось по времени подготовки новой версии модели к развертыванию. В ручном режиме инженеру требовалось в среднем 45 минут на последовательность действий: проверка наличия новых данных, оценка точности модели, принятие решения о переобучении, запуск пайплайна в *Airflow*, проверка метрик новой модели, принятие решения о деплое и его выполнение. При онтологической поддержке большинство шагов автоматизировано. Время подготовки плана (интервал от возникновения условия для обновления до начала деплоя) сократилось с 45 до 12 минут за счет исключения ручного анализа разрозненных данных и координации между инструментами. На рис. 4 представлены графики распределения времени инженера по операциям сопровождения моделей.

Вторым оцениваемым параметром стало снижение умственной нагрузки на инженера по шкале *NASA-TLX* [13]. Пять инженеров выполняли сценарии сопровождения моделей (анализ инцидентов, принятие решений о переобучении) без онтологической поддержки и с ее использованием. После выполнения каждого сценария участники оценивали субъективную нагрузку по шести шкалам *NASA-TLX*: умственное усилие, физическое усилие, временное давление, удовлетворенность результатом, уровень усилий и уровень стресса. Каждая шкала оценивалась по диапазону от 0 до 100 баллов.

В табл. 2 приведены результаты опроса.

Интегральный показатель когнитивной нагрузки снизился в среднем на 38 процентов с 62,8 баллов до 38,8, наиболее существенно – по шкалам «умственное усилие» и «уровень стресса», что обусловлено автоматизацией рутинных операций сопоставления версий и метрик.

Дополнительно была проведена оценка точности логического вывода онтологической модели. Для этого решения, сформированные механизмом вывода (например, инициирование переобучения модели или запуск процедуры развертывания), сравнивались с решениями, принятыми инженерами. Каждому из них пред-

Таблица 2. Результаты *NASA-TLX*

Инженер	*TLX* (ручной режим)	*TLX* (с онтологией)
1	62	38
2	66	41
3	59	36
4	64	40
5	63	39
Среднее значение	62,8	38,8



Рис. 5. Матрица ошибок

лагалось принять решение по набору экспериментальных сценариев, отражающих типовые ситуации эксплуатации моделей. В проведенном эксперименте было рассмотрено 40 сценариев сопровождения моделей. В 34 случаях решения, сформированные онтологической системой, совпали с решениями экспертов, что соответствует точности логического вывода 85 %. На рис. 5 приведена матрица ошибок.

Заключение

Таким образом, разработана онтологическая модель управления жизненным циклом моделей машинного обучения, учитывающая специфику *MLOps* как социотехнической системы. Многоуровневая структура (объектный, параметрический, контекстный, оценочный, действенный уровни) позволила формализовать знания об артефактах и управляющих воздействиях. На базе *Protégé* и *Owlready*2 создан прототип, реализующий логический вывод по данным мониторинга. Предложенный механизм преобразования логов мониторинга в управляющие действия учитывает количественные метрики и контекст, а разработанный алгоритм обработки неполных данных на основе анализа интервалов времени повышает устойчивость системы к сбоям каналов мониторинга. Интеграция модели в *MLOps*-архитектуру на основе мультиагентного подхода обеспечивает семантическую совместимость компонентов и разрешение конфликтов.

Экспериментально подтверждены сокращение времени подготовки новых версий моделей и снижение когнитивной нагрузки на инжене-

ров, а также точность логического вывода, что подтверждает перспективность применения семантических технологий в промышленных контурах машинного обучения.

Литература

1. Xonique. Machine Learning Life Cycle Process Explained [Electronic resource]. – Access mode : https://xonique.dev/blog/machine-learning-life-cycle-process-explained.

2. Zaharia, M. Accelerating the Machine Learning Lifecycle with MLflow / M. Zaharia, A. Chen, A. Davidson, et al. // IEEE Data Engineering Bulletin. – 2018. – T. 41. – No. 4. – P. 39–45.

3. Polyzotis, N. Data Management Challenges in Production Machine Learning / N. Polyzotis, M. Zinkevich, S. Roy, et al. // SIGMOD '18: Proceedings of the 2018 International Conference on Management of Data. – New York : ACM, 2018. – P. 1723–1726. – DOI: 10.1145/3183713.3197390.

4. Kreuzberger, D. Machine Learning Operations (MLOps): Overview, Definition, and Architecture / D. Kreuzberger, N. Kühl, S. Hirschl // IEEE Access. – 2023. – T. 11 [Electronic resource]. – Access mode : https://ieeexplore.ieee.org/document/10081414.

5. Sculley, D. Hidden Technical Debt in Machine Learning Systems / D. Sculley, G. Holt, D. Golovin, E. Davydov, T. Phillips, D. Ebner, V. Chaudhary, M. Young // arXiv.org. – 2018 [Electronic resource]. – Access mode : https://arxiv.org/pdf/1807.05351.

6. Мисник, А.Е. Применение онтологий на основе мета-ассоциативных графов в задачах промышленного машинного обучения / А.Е. Мисник // Промышленный искусственный интеллект (ПИИ'2025): Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, 3–4 июля 2025 года : сборник научных трудов. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-540.

7. Борисов, В.В. Синтез онтологий для систем поддержки принятия решений на базе больших языковых моделей / В.В. Борисов, А.Е. Мисник, Е.Н. Шеробурко, А.Р. Хабаров // Программные продукты и системы. – 2025. – № 1(150). – С. 197–209. – DOI: 10.15827/0236-235X.150.197-209.

8. Gruber, T. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications / T. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – T. 5. – No. 2. – P. 199–220.

9. Лизунова, Е.Д. Алгоритмы машинного обучения = Machine learning algorithms / Е.Д. Лизунова, Д.Э. Храмов // Сборник статей по материалам Научного форума: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024. – М. : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2024. – Т. 3. – С. 328–334.

10. Lamy, J.B. Owlready: Ontology-oriented programming in Python with automatic classification and data validation / J.B. Lamy // Artificial Intelligence in Medicine. – 2017. – T. 80. – P. 37–44. – DOI: 10.1016/j.artmed.2017.07.002.

11. Нагоев, З.В. Классификация и условия применения алгоритмов автоматической онтологизации пространства состояний агента общего искусственного интеллекта под управлением нейрокогнитивной архитектуры / З.В. Нагоев, И.А. Пшенокова, М.И. Анчеков, К.Ч. Бжихатлов, Б.А. Аталиков, С.А. Канкулов, А.З. Энес // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2023. – № 6. – С. 210–225.

12. Wooldridge, M. An Introduction to MultiAgent Systems : 2nd ed. / M. Wooldridge. – Chichester : John Wiley & Sons, 2009. – 484 p.

13. Hart, S.G. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research / S.G. Hart, L.E. Staveland // Human Mental Workload. – Amsterdam : North-Holland, 1988. – P. 139–183.

References

6. Misnik, A.E. Primenenie ontologij na osnove meta-assotsiativnykh grafov v zadachakh promyshlennogo mashinnogo obucheniya / A.E. Misnik // Promyshlennij iskusstvennij intellekt (PII'2025): Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, 3–4 iyulya 2025 goda : sbornik nauchnykh trudov. – SPb. : POLITEKH-PRESS, 2025. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-540.

7. Borisov, V.V. Sintez ontologij dlya sistem podderzhki prinyatiya reshenij na baze bolshikh yazykovykh modelej / V.V. Borisov, A.E. Misnik, E.N. SHeroburko, A.R. KHabarov // Programmnye produkty i sistemy. – 2025. – № 1(150). – S. 197–209. – DOI: 10.15827/0236-235X.150.197-209.

9. Lizunova, E.D. Algoritmy mashinnogo obucheniya = Machine learning algorithms / E.D. Lizunova, D.E. KHramov // Sbornik statej po materialam Nauchnogo foruma: Ekonomika, upravlenie i tsifrovye tekhnologii v APK-2024. – M. : RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva. – 2024. – T. 3. – S. 328–334.

11. Nagoev, Z.V. Klassifikatsiya i usloviya primeneniya algoritmov avtomaticheskoj ontologizatsii prostranstva sostoyanij agenta obshchego iskusstvennogo intellekta pod upravleniem nejrokognitivnoj arkhitektury / Z.V. Nagoev, I.A. Pshenokova, M.I. Anchekov, K.CH. Bzhikhatlov, B.A. Atalikov, S.A. Kankulov, A.Z. Enes // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2023. – № 6. – S. 210–225.

© Д.С. Старкова, А.Д. Уланов, А.В. Фролов, С.В. Малахов, 2026

УДК 004.9

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ ЧАСТИЧНО ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

А.С. СУЛИМОВ, М.П. РОМАНОВ

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

Ключевые слова и фразы: регистрация облаков точек; жесткое совмещение трехмерных моделей; частичное перекрытие; разнородные данные.

Аннотация: Целью исследования является систематический анализ современных методов жесткой регистрации трехмерных моделей, заданных облаками точек, с позиций их применимости к задаче совмещения разнородных данных. Проверяется гипотеза о том, что существующие подходы не в полной мере решают задачу регистрации при асимметричном частичном перекрытии моделей, получаемых принципиально различными способами измерения. Решаются следующие задачи: систематизация методов регистрации, анализ математических основ и практических ограничений каждого класса методов, выявление возможности регистрации разнородных данных. Применяется метод сравнительного анализа научной литературы и классификации алгоритмов по критериям необходимости начального приближения, способности работать при частичном перекрытии, вычислительной сложности и робастности к шуму. Полученные результаты показывают, что ни один из рассмотренных методов не ориентирован на сценарий асимметричного перекрытия, характерный для совмещения поверхностного скана с объемной моделью, и тем самым подтверждается актуальность разработки специализированного алгоритма.

Введение

Во многих инженерных задачах требуется определение ключевых точек на поверхностях физических объектов. Такие точки должны удовлетворять определенным технологическим характеристикам и являться пригодными для позиционирования, контакта, фиксации или взаимодействия с объектом. Подобные задачи лежат в основе циклов цифрового проектирования и контроля качества, охватывающих получение исходных данных, построение и согласование трехмерных моделей, формирование проектного решения и его последующую реализацию.

Выбор ключевых точек зачастую зависит не только от геометрических признаков поверхности объекта. Во многих прикладных задачах существенную роль играют внутренние характеристики объекта, такие как толщина стенок, наличие полостей и неоднородностей, расстояния до внутренних функционально значимых областей [1; 2].

В рамках технологической подготовки производства положение опорных, базирующих и зажимных элементов на поверхности детали определяет деформации и динамический отклик при закреплении. Для тонкостенных конструкций аэрокосмической отрасли эти характеристики задаются объемным распределением жесткости через толщину стенок и наличие полостей и ребер жесткости [3]. Некорректный выбор точек зажима ведет к изменениям формы и росту погрешности при обработке. В робототехнике ключевые точки соответствуют позициям захватного устройства и должны обеспечивать допустимое положение манипулятора с учетом кинематических ограничений и требований по отсутствию коллизий [4; 5]. Для решения задач структурного мониторинга позиции датчиков выбираются из условия максимальной чувствительности к расслоениям, трещинам, локальным изменениям жесткости и другим внутренним повреждениям, которые проявля-

ются через изменения динамических характеристик объекта [6]. В промышленной метрологии на основе рентгеновской компьютерной томографии определяются контрольные точки с учетом внутренней геометрии и ожидаемых дефектов, а точность результата зависит от параметров реконструкции объемных данных [7]. В ортодонтии разработка цифрового рабочего процесса проектирования аппаратов на кортикальной опоре требует выбора положения минивинтов с учетом анатомических параметров пациента, получаемых из данных компьютерной томографии. Положение точек установки определяется одновременно геометрией поверхности неба и характеристиками небной кости, которые невозможно определить исключительно из поверхностного скана [8; 9].

Во всех перечисленных сценариях для принятия решения необходимо совместно использовать данные о внешней форме объекта и его внутреннем строении. Это, в свою очередь, требует предварительного совмещения трехмерных моделей, полученных различными методами: поверхностным сканированием и томографией. Каждый из этих источников формирует данные в собственной системе координат, с различными разрешением, плотностью точек и степенью перекрытия [10; 11]. Регистрация таких разнородных моделей является фундаментальным этапом, от точности которого зависит корректность всего последующего анализа.

Задача попарной жесткой регистрации формулируется следующим образом. Пусть даны два облака точек $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_n\}$ и $B = \{b_1, b_2, \ldots, b_m\}$, которые состоят из n и m точек соответственно. Требуется найти трансформацию T, применяемую к облаку точек A, которая минимизирует расстояние $D = \|B - T(A)\|$ до облака точек B. Жесткость преобразования означает, что форма объекта при регистрации не изменяется [12; 13].

В рассматриваемом контексте разнородных данных эта задача осложняется потенциально асимметричным частичным перекрытием моделей в связи с тем, что сканирование поверхности охватывает лишь внешнюю оболочку объекта, тогда как томографическое облако включает внутренние структуры.

Настоящий обзор посвящен анализу существующих методов жесткой регистрации с позиций их применимости к данному сценарию. Рассматриваются четыре основных класса, выделяемых в современной литературе [12]:

1) классические итерационные методы на основе соответствий;
2) методы без явных соответствий;
3) методы локальных геометрических дескрипторов;
4) методы на основе глубокого обучения.

Отдельно анализируются алгоритмы, разработанные для сценария частичного перекрытия однородных данных.

Классические итерационные методы на основе соответствий

Итеративный алгоритм ближайших точек (*Iterative Closest Point*, *ICP*), предложенный Беслом и Маккеем [14], а также Ченом и Медиоными [15], является основным инструментом локальной точной регистрации. На каждой итерации для точек исходного облака A находятся ближайшие соседи в эталонном облаке B, после чего вычисляется обновленное преобразование R и t, где $R \in SO(3)$ – матрица вращения и $t \in \mathbb{R}^3$ – вектор смещения.

В вариации точка-точка минимизируется сумма квадратов евклидовых расстояний:

$$E(R,t) = \sum_{i=1}^{n} \left\| R_{a_i} + t - b_{c(i)} \right\|^2, \quad c(i) = \arg\min_j \left\| R_{a_i} + t - b_j \right\|. \tag{1}$$

В варианте точка-плоскость ускоряется сходимость на гладких объектах путем измерения ошибки вдоль нормали n (2). Доказано, что ошибка монотонно убывает от итерации к итерации, однако алгоритм сходится к локальному минимуму [14]. Поэтому существенным недостатком алгоритма является необходимость качественного начального приближения облаков.

$$E(R,t) = \sum_{i=1}^{n} \left(\left(R_{a_i} + t - b_{c(i)} \right) \cdot n_{c(i)} \right)^2, \quad c(i) = \arg\min_j \left\| R_{a_i} + t - b_j \right\|. \tag{2}$$

Обобщенному *ICP* (*G-ICP*) [16] для каждой точки исходного облака a_i и ее соответствию из эталонного облака b_i сопоставляются ковариационные матрицы C_i^A и C_i^B, которые описывают формы локальных окрестностей точек. Для

плоских участков соответствующие эллипсоиды рассеяния распределены в двух направлениях, в то время как для острых ребер – преимущественно в одном. Алгоритм вычисляет весовую матрицу W равную сумме ковариаций, что увеличивает вклад пар на четко выраженных ребрах и углах. Тем самым *G-ICP* устойчивее к ошибочным соответствиям, чем *ICP*, но также требует начального приближения. Алгоритм минимизирует сумму взвешенных квадратичных отклонений:

$$E_{GICP}(R,t) = \sum_{i=1}^{n} d_i^T W^{-1} d_i,$$
$$W = \left(C_i^B + RC_i^A R^T\right), \quad d_i = b_i - \left(Ra_i + t\right). \tag{3}$$

Методы без явных соответствий

Метод, основанный на преобразовании нормальных распределений ***NDT*** (*Normal Distribution Transform*) [17], заменяет дискретное эталонное облако непрерывной вероятностной моделью. Пространство разбивается на ячейки, в каждой из которых распределение точек аппроксимируется гауссианой. Регистрация заключается в максимизации суммарного правдоподобия с оптимизацией методом Ньютона. *NDT* значительно быстрее *ICP* на крупных облаках точек, так как не требует поиска ближайших соседей. На скорость и точность оценок влияет размер ячейки, на которое разбивается пространство.

CPD (*Coherent Point Drift*) [18] формулирует регистрацию как задачу оценки параметров смеси нормальных распределений: точки *A* служат центрами компонент, точки *B* – наблюдениями. Алгоритм итеративно обновляет вероятности принадлежности и параметры преобразования, которые при жесткой регистрации имеют аналитическое решение через *SVD*. Равномерная компонента смеси моделирует выбросы, что обеспечивает высокую устойчивость к шуму. Ограничение метода заключается в вычислительной сложности, которая равна $O(mn)$ на итерацию.

Методы на основе геометрических дескрипторов

Глобальная регистрация без начального приближения требует описания локальной геометрии облака компактными дескрипторами, инвариантными к жестким преобразованиям. Дескриптор *FPFH* [19] кодирует угловые соотношения между нормалями в k-окрестности точки:

$$FPFH_i = SPFH_i + \frac{1}{k}\sum_j^k \frac{SPFH_i}{d\left(p_i, p_j\right)}, \tag{4}$$

где $SPFH_i$ – упрощенные гистограммы, определяемые для каждой точки облака.

На основе найденных дескрипторных соответствий строится набор кандидатных преобразований, отбираемых с помощью методов *RANSAC* [20], либо *FGR* [21]. Основным ограничением дескрипторных методов является чувствительность к плотности и равномерности облаков точек.

Методы на основе глубокого обучения

Появление обучаемых архитектур для работы с облаками точек позволило перейти к сквозному обучению признаков, соответствий и параметров преобразования в едином конвейере.

PointNetLK [22] объединяет глобальные дескрипторы *PointNet* [23] с итеративным алгоритмом *Lucas – Kanade*, перенесенным в пространство признаков. Метод чувствителен к инициализации и плохо справляется с частичным перекрытием.

DCP [24] применяет *DGCNN* для извлечения локальных признаков и механизм внимания для построения мягких соответствий; итоговое преобразование вычисляется через *SVD* матрицы перекрестной ковариации. В отличие от *PointNetLK*, метод явно моделирует попарные соответствия.

GeoTransformer [25] вводит понятие суперточки как агрегата соседних точек и обучает трансформерное внимание с геометрическим смещением, учитывающим взаимное пространственное расположение элементов. Это обеспечивает высокую точность на бенчмарках 3*DMatch* и *KITTI* даже при малом перекрытии.

Общая особенность обучаемых методов – высокая точность в рамках обучающего распределения и возможное снижение качества при переносе на данные из других доменов.

Таблица 1. Сравнение методов жесткой регистрации

Метод	Начальное приближение	Точность при частичном перекрытии	Разнородные данные	Вычислительная сложность	Робастность к шуму
ICP	+	низкая	–	низкая	низкая
GICP	+	низкая	–	средняя	средняя
NDT	+	низкая	–	средняя	средняя
CPD	–	средняя	–	высокая	высокая
FPFH	–	средняя	–	средняя	средняя
DCP / *GeoTr.*	–	высокая	–	средняя	высокая
PREDATOR	–	высокая	–	средняя	высокая

Частичное перекрытие облаков точек

Для получения цифровых моделей объекта могут быть использованы различные инструменты: сканеры поверхностей, компьютерные томографы, генерирование по определенным параметрам. Получаемые результаты могут отличаться по степени детализации, а также описывать специфические характеристики объекта, поэтому возникает проблема частичного перекрытия моделей. В таком случае точкам одной модели невозможно сопоставить точки в другой. Для решения этой проблемы были предложены несколько методов.

Trimmed ICP [26] является модификацией классического *ICP* и заключается в отборе на каждой итерации определенной доли пар точек с наименьшей ошибкой. Сети глубокого обучения *PREDATOR* [27] и *DiffusionPCR* [28] явно предсказывают области перекрытия, прежде чем осуществлять регистрацию. Авторы подсвечивают необходимость этого шага, так как если ключевые точки попадают в непересекающиеся области, то дальнейшее совмещение моделей бессмысленно.

Сравнительный анализ

Для качественного сравнения рассмотренных методов в рамках данной работы рассматриваются следующие критерии:

1) необходимость начального приближения;
2) точность на облаках с частичным перекрытием;
3) валидация на разнородных данных;
4) вычислительная сложность;
5) робастность к шуму.

Результаты сравнения представлены в табл. 1.

Алгоритмы семейства *ICP* остаются конкурентоспособными в задачах, где облака получены одним и тем же сенсором и имеют высокое взаимное перекрытие. Основным преимуществом являются предсказуемое поведение, математически обоснованная монотонная сходимость и низкая вычислительная стоимость, что делает их пригодными для работы в реальном времени. Однако потребность в начальном приближении принципиально ограничивает применимость *ICP* в сценариях, где взаимное положение облаков неизвестно заранее [12].

NDT и *CPD* устраняют необходимость начального приближения, однако оба метода предполагают, что облака принципиально схожи по природе: оба получены с поверхности объекта, оба примерно одинаково распределены в пространстве. Методы на основе *FPFH* и *FGR* выполняют глобальный поиск трансформации без инициализации, опираясь на то, что локальная геометрия в окрестности каждой точки однозначно идентифицируется дескриптором. Это условие выполняется при однородных данных, но нарушается при разнородных. Например, дескриптор точки поверхностного скана и дескриптор геометрически соответствующей точки объемного облака могут кардинально различаться из-за разной плотности, разного распределения соседей и отсутствия нормального вектора, вычисленного по тем же соседям. В результате дескрипторные соответствия оказываются ненадежными, а *RANSAC* вынужден пере-

бирать аномально большое число гипотез [10].

Методы, основанные на глубоком обучении (*DCP*, *GeoTransformer*, *PREDATOR*), обеспечивают наилучшие результаты на стандартных бенчмарках (3*DMatch*, *KITTI*, *MVP*). Архитектура сетей *PREDATOR* и *DiffusionPCR* предполагает наличие этапа определения областей пересечения облаков, что позволяет демонстрировать высокие показатели даже при перекрытии менее 30 %. Однако все перечисленные подходы предполагают регистрацию однородных моделей, и точность методов деградирует на многомодальных данных [10].

Таким образом, несмотря на высокие результаты в сценарии частичного перекрытия однородных данных, ни один из рассмотренных методов не решает задачу регистрации в ее гетерогенной постановке, когда характер самих облаков принципиально различен.

Заключение

В работе проведен обзор четырех основных классов методов жесткой регистрации трехмерных моделей, и произведена оценка их применимости.

Классические итерационные методы (*ICP* и его варианты) эффективны при наличии точного начального приближения и высокой степени перекрытия, обеспечивают гарантированно монотонную сходимость, однако не решают задачу глобальной инициализации и уязвимы к ложным соответствиям при частичном перекрытии. Вероятностные методы (*NDT*, *CPD*) устраняют необходимость поиска явных соответствий и более устойчивы к шуму, но требуют высоких вычислительных затрат на больших облаках. Дескрипторные методы (*FPFH*, *FGR*) обеспечивают глобальную регистрацию без инициализации, опираясь на локальную геометрию поверхности, однако их надежность падает при неравномерной плотности и при смешении разных типов данных. Методы, основанные на глубоком обучении (*DCP*, *GeoTransformer*, *PREDATOR*), достигают наилучших показателей точности на стандартных наборах, в частности для решения задачи регистрации частично пересекающихся моделей.

Все рассмотренные методы предполагают однородность пары облаков: оба получены одним и тем же средством, либо являются частичными видами одной и той же полной модели. Таким образом выдвинутая гипотеза находит подтверждение в том факте, что ни классические алгоритмы, ни современные нейросетевые архитектуры не обеспечивают корректной регистрации мультимодальных данных, для которых характерна структурная асимметрия.

Литература

1. Сулимов, А.С. Интерпретируемая многокритериальная оценка для поиска ключевых точек на трехмерных поверхностях / А.С. Сулимов, М.П. Романов // Инженерный вестник Дона. – 2026. – № 1(133). – EDN FFURYN.

2. Jang, T.J. Fully automatic integration of dental CBCT images and full-arch intraoral impressions with stitching error correction via individual tooth segmentation and identification / T.J. Jang, H.S. Yun, C.M. Hyun, J.-E. Kim, S.-H. Lee, J.K. Seo // Medical Image Analysis. – 2024. – T. 93. – P. 103096.

3. Liu, C. Development of Fixture Layout Optimization for Thin-Walled Parts: A Review / C. Liu, Y. Li, X. Hao, B. Yang, Y. Tian, T. Yang // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2024. – Vol. 37. – P. 17.

4. Park, S. Scalable Learned Geometric Feasibility for Cooperative Grasp and Motion Planning / S. Park, H.C. Kim, J. Baek, J. Park // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2022. – Vol. 7. – No. 4. – P. 11545–11552.

5. Rudorfer, M. A Framework for Joint Grasp and Motion Planning in Confined Spaces / M. Rudorfer, J. Hartvich, V. Vonasek // 2024 13th International Workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo). IEEE, 2024. – P. 96–102.

6. Ručevskis, S. Optimal Sensor Placement for Modal-Based Health Monitoring of a Composite Structure / S. Ručevskis, P. Akishin, A. Chate, et al. // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – No. 10. – P. 3867.

7. Dewulf, W. Advances in the metrological traceability and performance of X-ray computed tomography / W. Dewulf, H. Bosse, S. Carmignato, R. Leach // CIRP Annals. – 2022. – Vol. 71. – No. 2. – P. 693–716. – DOI: 10.1016/j.cirp.2022.05.001.

8. Кирсанова, Е.В. Цифровые методики диагностики и планирования ортодонтического лече-

ния с использованием кортикальной опоры / Е.В. Кирсанова, Н.А. Кондратьева, Л.М. Аветисян // Клиническая стоматология. – 2021. – Т. 97. – С. 102–109.

9. Сулимов, А.С. Анализ алгоритмов формирования трехмерной модели челюсти на основе регистрации облаков точек / А.С. Сулимов, М.П. Романов // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(181). – С. 28–33. – EDN EQZFET.

10. Huang, X. Cross-source Point Cloud Registration: Challenges, Progress and Prospects / X. Huang, G. Mei, J. Zhang // arXiv preprint arXiv:2305.13570. – 2023.

11. Xu, Z. Cross3DReg: Towards a Large-scale Real-world Cross-source Point Cloud Registration Benchmark / Z. Xu, Z. Lang, Y. Chen, S. Zhao, X. Huang, Y. Zuo, Y. Zhang, Q. Zhang, X. Gao // arXiv:2509.06456. – 2025.

12. Yang, J. 3D Registration in 30 Years: A Survey / J. Yang, C. Zhang, Z. Wang, et al. // arXiv:2412.13735. – 2024 [Electronic resource]. – Access mode : https://arxiv.org/abs/2412.13735.

13. Huang, X. A comprehensive survey on point cloud registration / X. Huang, G. Mei, J. Zhang, et al. // arXiv:2103.02690. – 2021. – DOI: 10.48550/arXiv.2103.02690.

14. Besl, P.J. A Method for Registration of 3-D Shapes / P.J. Besl, N.D. McKay // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1992. – Vol. 14. – No. 2. – P. 239–256.

15. Chen, Y. Object Modelling by Registration of Multiple Range Images / Y. Chen, G. Medioni // Image and Vision Computing. – 1992. – Vol. 10. – No. 3. – P. 145–155.

16. Segal, A.V. Generalized-ICP / A.V. Segal, D. Haehnel, S. Thrun // Robotics: Science and Systems V, 2009.

17. Biber, P. The Normal Distributions Transform: A New Approach to Laser Scan Matching / P. Biber, W. Straßer // Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2003. – P. 2743–2748.

18. Myronenko, A. Point Set Registration: Coherent Point Drift / A. Myronenko, X. Song // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 32. – No. 12. – P. 2262–2275.

19. Rusu, R.B. Fast Point Feature Histograms (FPFH) for 3D Registration / R.B. Rusu, N. Blodow, M. Beetz // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2009. – P. 3212–3217.

20. Fischler M.A., Bolles R.C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography // Communications of the ACM. 1981. V. 24, № 6. pp. 381 – 395.

21. Zhou, Q.Y. Fast Global Registration / Q.Y. Zhou, J. Park, V. Koltun // Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), 2016. – P. 766–782.

22. Aoki, Y. PointNetLK: Robust & Efficient Point Cloud Registration Using PointNet / Y. Aoki // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2019. – P. 7156–7165.

23. Qi, C.R. PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation / C.R. Qi // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. – P. 652–660.

24. Wang, Y. Deep Closest Point: Learning Representations for Point Cloud Registration / Y. Wang, J.M. Solomon // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 2019. – P. 3523–3532.

25. Qin, Z. Geometric Transformer for Fast and Robust Point Cloud Registration / Z. Qin, H. Yu, C. Wang, et al. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022. – P. 11143–11152.

26. Chetverikov, D. Robust Euclidean Alignment of 3D Point Sets: The Trimmed Iterative Closest Point Algorithm / D. Chetverikov, D. Stepanov, P. Krsek // Image and Vision Computing. – 2005. – Vol. 23. – No. 3. – P. 299–309.

27. Huang, S. PREDATOR: Registration of 3D Point Clouds with Low Overlap / S. Huang, Z. Gojcic, M. Usvyatsov, et al. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2021. – P. 4267–4276.

28. Chen, Z. DiffusionPCR: Diffusion Models for Robust Multi-Step Point Cloud Registration / Z. Chen, Y. Ren, T. Zhang, et al. // arXiv:2312.03053. – 2024.

References

1. Sulimov, A.S. Interpretiruemaya mnogokriterialnaya otsenka dlya poiska klyuchevykh tochek na trekhmernykh poverkhnostyakh / A.S. Sulimov, M.P. Romanov // Inzhenernij vestnik Dona. – 2026. – № 1(133). – EDN FFURYN.

8. Kirsanova, E.V. TSifrovye metodiki diagnostiki i planirovaniya ortodonticheskogo lecheniya s ispolzovaniem kortikalnoj opory / E.V. Kirsanova, N.A. Kondrateva, L.M. Avetisyan // Klinicheskaya stomatologiya. – 2021. – T. 97. – S. 102–109.

9. Sulimov, A.S. Analiz algoritmov formirovaniya trekhmernoj modeli chelyusti na osnove registratsii oblakov tochek / A.S. Sulimov, M.P. Romanov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 10(181). – S. 28–33. – EDN EQZFET.

© А.С. Сулимов, М.П. Романов, 2026

УДК 004.62

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Д.С. АРЕПЬЕВА, Д.А. СЕРГИЕНКО, А.Д. ЧИЖЕВСКАЯ, С.С. ФЕДОРОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: цифровая информационная модель; автоматизированная система управления; технологии информационного моделирования (**ТИМ**); процесс проверки; жизненный цикл объекта; структурная модель.

Аннотация: Цель исследования – разработка структурной модели, обеспечивающей управление технологическими процессами проверки цифровой информационной модели за счет строгой декомпозиции функциональных модулей и интеграции данных имитационного моделирования с эмпирическими данными. Задачи: формализовать структурную модель системы управления, описать ее состав и функции модулей, сделать выводы о возможности применения данной модели. Гипотеза исследования: возможность формирования структурной модели автоматизированной системы управления процессами проверки цифровой информационной модели, которая позволит существенно повысить качество ее проверки. Методы исследования: имитационное моделирование, анализ, синтез и систематизация данных.

Одним из ключевых этапов формирования и сопровождения цифровой информационной модели (**ЦИМ**) объектов капитального строительства (**ОКС**) выступают процессы проверки, верификации и валидации ЦИМ. Корректно организованный процесс проверки ЦИМ обеспечивает значительную оптимизацию процессов проектирования, возведения и эксплуатации объектов капитального строительства, что позволяет снизить трудозатраты и финансовые издержки на каждом из этапов.

В связи с ростом сложности данных ЦИМ ручная проверка становится непригодной ввиду своей трудоемкости, низкой скорости и высокой вероятности ошибок. На данный момент различные государственные и коммерческие структуры активно развивают и совершенствуют требования к ЦИМ, однако большинство существующих отдельных решений не образуют комплексного и автоматизированного процесса проверки. Создание комплексных автоматизированных управленческих систем, которые будут способны эффективно обрабатывать большие объемы данных, необходимо для обеспечения структурированной и согласованной проверки модели на всех этапах ее формирования и сопровождения. Стоит отметить, что правильно организованная проверка атрибутивного наполнения является критически важным этапом, так как атрибуты представляют собой неотъемлемую часть полноценной цифровой информационной модели. Без корректной структуры данных и стандартизации свойств невозможно обеспечить эффективный обмен информацией между участниками проекта на различных этапах жизненного цикла объекта.

Исследование проведено на основе схематического представления процесса проверки цифровой информационной модели, приведенного на рис. 1. Схема демонстрирует структуру проверки ЦИМ, включающую размещение исполнителем модели в среде общих данных и последующие этапы ее проверки ТИМ-отделом на соответствие комплектности, атрибутивного

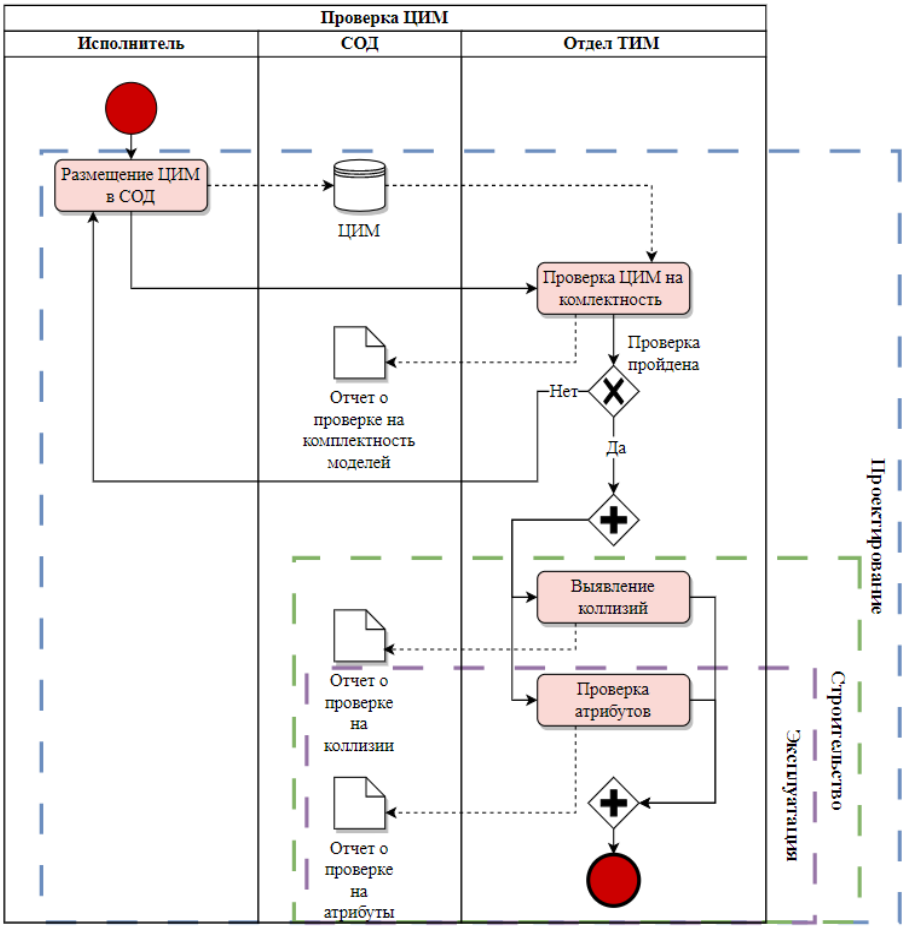

Рис. 1. Процесс проверки ЦИМ на различных этапах жизненного цикла ОКС

состава и отсутствия коллизий.

Представленная на рис. 2 структурная модель автоматизированной системы управления технологическими процессами проверки цифровых информационных моделей представляет собой комплекс взаимосвязанных модулей, обеспечивающих полный цикл обработки данных от постановки задачи исследователем до получения итогового прогноза и рекомендаций. Архитектура предлагаемой структурной модели включает модули синтеза данных, мониторинга, симуляции и визуализации. Взаимодействие модулей осуществляется через единую шину данных: модуль управления инициирует процессы; модуль синтеза подготавливает исходные данные и генерирует на их основе новые; модуль симуляций выполняет расчеты, реализуя итерационный цикл корректировки входных данных и критериев оценки; модуль мониторинга собирает результаты работы системы и формирует рекомендации по оптимизации; модуль визуализации представляет информацию пользователю в удобочитаемом виде; база данных обеспечивает централизованное хранение и согласованность информации между всеми компонентами системы.

Исследователь посредством модуля управления загружает данные в систему, выбирает или формирует в нем модель, наиболее полно соответствующую целям проверки ЦИМ, и задает критерии оценки работы симуляции. Модуль управления процессом моделирования позволяет пользователю организовать, контролировать и корректировать всю работу системы: от постановки задачи и размещения исходных данных до получения итогового прогноза и рекомендаций, при этом обеспечивая удобное и логичное взаимодействие всех модулей системы. В состав модуля управления входит интерфейс пользователя, обеспечивающий взаимодействие исследователя с системой и позволяющий осуществлять ввод новых данных или

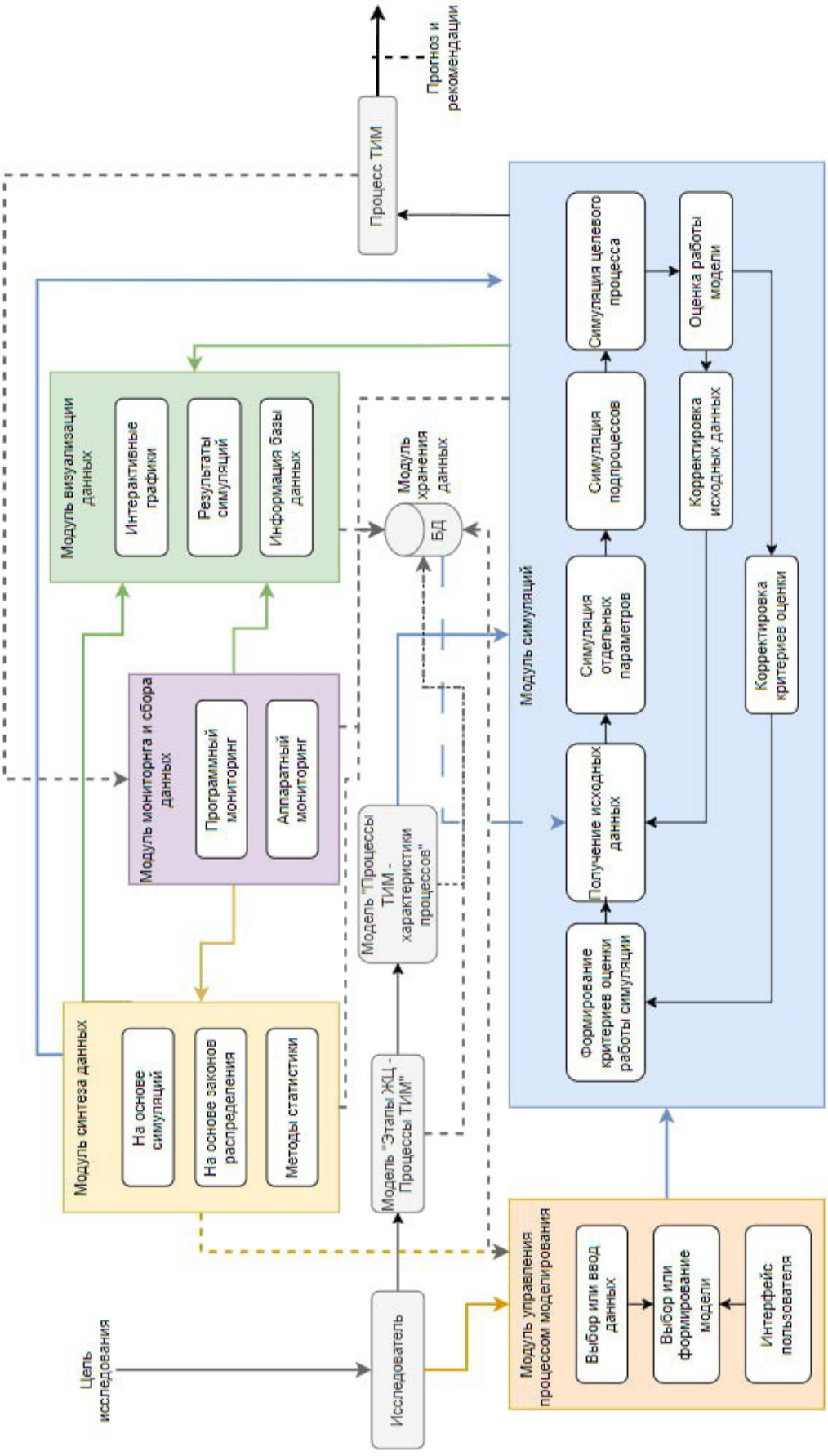

Рис. 2. Структурная модель автоматизированной системы управления

их выбор из готовых наборов, в частности, полученных из модуля синтеза.

Модуль симуляций представляет собой ядро автоматизированной системы управления, предназначенное для моделирования и прогнозирования процессов, на основе симуляции отдельных параметров, подпроцессов или целевого процесса. Перед запуском симуляции происходит формирование оценочных критериев работы симуляции и извлечение исходных данных. Каждая симуляция завершается оценкой работы модели согласно заданным ранее параметрам, после чего в зависимости от полученных результатов алгоритм выполняет корректировку входных данных или пересматривает критерии оценки. Результаты поступают в модуль визуализации для формирования прогнозов и рекомендаций в виде отчетов и итеративных графиков.

На основе аппаратного и программного мониторингов модуль мониторинга отслеживает общее состояние реализации процесса проверки ЦИМ, что позволяет своевременно проводить анализ и принимать дальнейшие решения для оптимизации процесса.

Из модуля мониторинга и сбора данных информация поступает в модуль синтеза данных, который подготавливает и систематизирует информацию для проведения симуляций.

Модуль синтеза выполняет преобразования всех имеющихся данных, в том числе ограниченных и неполных, в реалистичные наборы, которые, сохраняя все закономерности и взаимосвязи, позволяют моделировать различные сценарии. На основе статических моделей и законов распределения происходит синтез данных, после чего выполняется внутренняя верификация и валидация: статистические характеристики синтезированных данных сравнивают с реальными для оценки правдоподобности. При выявлении отклонений система корректирует параметры и возобновляет предыдущий этап. Проверенные и реалистичные синтезированные данные система преобразует в стандартный формат и направляет в модуль управления процессом моделирования или напрямую в базу данных.

Модуль визуализации отвечает за наглядное представление исходных и промежуточных данных в графическом виде. Он получает запрос от исследователя через модуль управления и на основе имеющихся данных как исходных, так и полученных после симуляции, формирует изображение. При взаимодействии пользователя с графиком через интерфейс, система пересчитывает отображение и обновляет картинку. Данный модуль позволяет более эффективно анализировать и изменять процесс, отслеживая закономерности, которые неочевидны без визуализации.

База данных (**БД**), функционирующая в составе модуля хранения данных, выступает центральным информационным хранилищем, обеспечивающим накопление, хранение, актуализацию и предоставление данных для всех функциональных модулей архитектуры. В базу данных поступают исходные параметры моделирования, результаты программного и аппаратного мониторингов, промежуточные результаты симуляций, а также итоговые показатели эффективности моделей. Хранимая информация используется модулем симуляции для проведения вычислительных экспериментов и модулем визуализации данных для отображения результатов в виде интерактивных графиков и аналитических представлений. База данных обеспечивает непрерывный обмен информацией между всеми модулями системы и поддерживает согласованность данных на всех этапах жизненного цикла. БД позволяет сохранять результаты предыдущих вычислительных экспериментов, что повышает точность последующего анализа и прогнозирования.

В результате система формирует прогнозы дальнейшего развития процесса проверки ЦИМ при текущих или измененных условиях и конкретные рекомендации и предложения по его оптимизации.

Разработана структурная модель автоматизированной системы управления технологическими процессами проверки ЦИМ, представляющая собой целостный комплекс взаимосвязанных модулей. Описаны составляющие данной модели, их функции и взаимосвязь. Внедрение и масштабирование подобной системы в рамках проверки ЦИМ позволит перейти от обнаружения и устранения ошибок к активному их прогнозированию и оптимизации процесса моделирования за счет автоматизации рутинных процессов, что напрямую способствует сокращению сроков, снижению стоимости и повышению качества всего жизненного цикла объекта.

Литература

1. Казаков, С.Д. Алгоритм подбора сроков завершения процесса проверки цифровых информационных моделей объектов капитального строительства / С.Д. Казаков, М.М. Железнов, Р.В. Осташев, М.Г. Феттер // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 4(187). – С. 97–101. – EDN JUVTGX.

2. Лемеза, В.А. Автоматизация контроля качества цифровых информационных моделей объектов строительства / В.А. Лемеза, О.М. Зверева, С.В. Придвижкин, И.В. Новиков // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 6. – С. 62–66. – DOI: 10.17513/snt.39632. – EDN QMGJAW.

3. Чистякова, Т.Б. Компьютерная система для разработки цифровых информационных моделей процессов вторичной переработки нефти / Т.Б. Чистякова, Д.Н. Фураев // Программные продукты и системы. – 2022. – № 3. – С. 482–487. – DOI: 10.15827/0236-235X.139.482-487. – EDN QWVQYH.

References

1. Kazakov, S.D. Algoritm podbora srokov zaversheniya protsessa proverki tsifrovykh informatsionnykh modelej obektov kapitalnogo stroitelstva / S.D. Kazakov, M.M. ZHeleznov, R.V. Ostashev, M.G. Fetter // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 4(187). – S. 97–101. – EDN JUVTGX.

2. Lemeza, V.A. Avtomatizatsiya kontrolya kachestva tsifrovykh informatsionnykh modelej obektov stroitelstva / V.A. Lemeza, O.M. Zvereva, S.V. Pridvizhkin, I.V. Novikov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2023. – № 6. – S. 62–66. – DOI: 10.17513/snt.39632. – EDN QMGJAW.

3. CHistyakova, T.B. Kompyuternaya sistema dlya razrabotki tsifrovykh informatsionnykh modelej protsessov vtorichnoj pererabotki nefti / T.B. CHistyakova, D.N. Furaev // Programmnye produkty i sistemy. – 2022. – № 3. – S. 482–487. – DOI: 10.15827/0236-235X.139.482-487. – EDN QWVQYH.

© Д.С. Арепьева, Д.А. Сергиенко, А.Д. Чижевская, С.С. Федоров, 2026

УДК 004.896

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ЛАБОРАТОРНЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕРВИСОВ

Д.В. ЗАРОНОВ, А.А. ЩЕТИНИНА, Я.И. ШАМЛИЦКИЙ

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

Ключевые слова и фразы: промышленное предприятие; обработка данных; визуализация; лабораторный контроль; промышленная безопасность; аномалии; интеллектуальная аналитика.

Аннотация: В статье рассматривается архитектура системы обработки и визуализации данных промышленного предприятия, объединяющая технологическую телеметрию, лабораторный контроль и интеллектуальную аналитику. Предлагаемая архитектура решает проблему фрагментированности данных, сокращает время реакции на отклонения и повышает безопасность производства. Цель статьи заключается в обосновании архитектуры, интегрирующей телеметрию, лабораторный контроль и интеллектуальную аналитику. Задачи: анализ фрагментированности данных; обоснование стандартов *ISA*-95/*IEC* 62264, протоколов *OPC UA* и *MQTT*; разработка подхода к контекстуализации данных, расчету *KPI*, ролевой визуализации и раннему предупреждению отклонений; определение места интеллектуальных методов с разделением аналитического и исполнительного контуров безопасности. Методы: анализ и обобщение стандартов, обзор методов обнаружения аномалий, моделирование потоковых архитектур. Результаты: предложена многослойная архитектура, включающая гибридный сбор данных, потоковую доставку, контекстуализацию, расчет *KPI*, ролевую визуализацию *HMI* и интеллектуальные модули раннего предупреждения. Выводы: использование предложенной архитектуры на химико-технологическом производстве позволяет перейти к единому промышленному пространству данных, повышая прозрачность качества, сокращая время реакции и обеспечивая безопасность.

Цифровая трансформация промышленности привела к тому, что основным ограничением эффективности становится уже не столько отсутствие средств автоматизации, сколько фрагментированность данных, формируемых на разных уровнях производственной системы. На одном и том же предприятии в реальном времени существуют контуры управления на базе ПЛК, *SCADA* и *DCS*, системы учета производственных операций, лабораторные подсистемы контроля качества, журналы ремонтов, архивы тревог и корпоративные системы планирования. Каждая из этих подсистем решает собственную задачу, однако в отсутствие общего слоя данных предприятие сталкивается с задержками при подготовке отчетности, неоднозначностью трактовки показателей и зависимостью качества решений от субъективного опыта персонала. Именно поэтому архитектура современной промышленной информационной системы должна быть ориентирована не на локальный сбор сигналов, а на непрерывное связывание данных с их технологическим контекстом, источником, временем появления и управленческой значимостью [1].

Особенно остро это проявляется в химическом производстве с непрерывным процессом, периодическим лабораторным контролем и высокими требованиями безопасности. Качество продукции зависит как от параметров процесса (температура, давление), так и от лабораторных анализов (вязкость, состав). Данные поступают

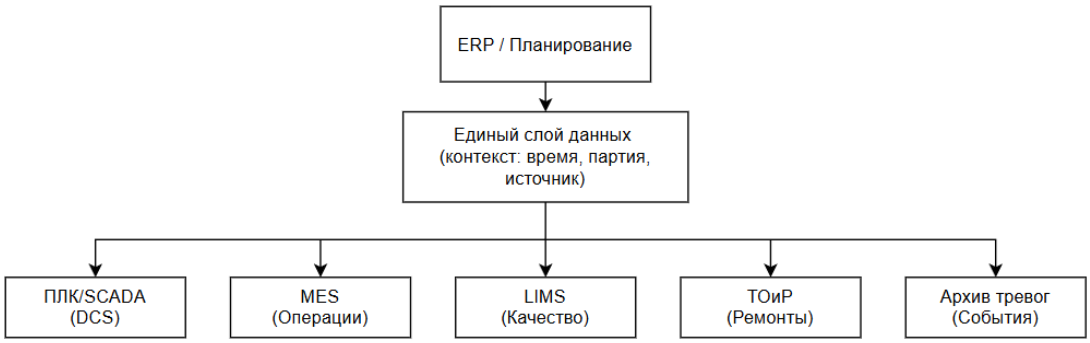

Рис. 1. Источники данных предприятия



Рис. 2. Интеграция и контекстуализация данных на предприятии

с разной частотой: от миллисекунд до часов. Без их объединения технолог теряет время на ручное сопоставление.

Стандарты *ISA*-95/*IEC* 62264 задают единый концептуальный каркас, формализуя ресурсы, операции и *KPI*, что позволяет связать партии, рецептуры, оборудование и лабораторные результаты в общей модели [1]. Для сбора данных применяются интероперабельные протоколы: *OPC UA* (*IEC* 62541) – для передачи тегов, метаданных и безопасности [2], и *MQTT* 5.0 – для легковесной *IIoT*-телеметрии и диагностики. Такой гибридный подход обеспечивает передачу основных переменных через промышленную автоматику, а дополнительных признаков (вибрация, газоанализ и др.) – через облегченный канал.

Однако получение данных не равно их пригодности для решений. Ключевое значение имеет контекстуализация – привязка значения к оборудованию, партии, рецептуре, смене и режиму. Например, рост температуры в реакторе по-разному интерпретируется на стадиях разогрева, реакции или выгрузки. Ядро системы должно включать не только хранилище временных рядов, но и объектную модель оборудования, справочники материалов, нормативные диапазоны и механизмы трассируемости.

Для расчета производственных показателей целесообразно использовать *ISO* 22400, где *KPI* формализованы и применимы к различным типам процессов [3]. Показатели доступности, производительности, качества, времени цикла, отклонений по партии и простоев должны вычисляться в едином вычислительном слое поверх нормализованных данных, а не в отдельных таблицах. Это устраняет расхождения между лабораторией, производством и управлением, так как каждый показатель может быть разложен до источников и правил агрегации.

С архитектурной точки зрения целесообразно выделить слой потоковой доставки и обработки сообщений, отделенный от прикладных потребителей данных. Для этой роли подходит событийная шина (*Kafka*), которая обеспечивает буферизацию и независимость производителей и потребителей [4]. Это критически важно, так как одни данные нужны архиву, визуализации, расчетам и аналитике.

В промышленной среде данные поступают с разной частотой и достоверностью: ПЛК/*DCS* – миллисекундно, лабораторные протоколы – дискретно, часть событий вводится вручную. Поэтому в системе необходимо обеспечить единую временную основу, хранить исходные и агрегированные данные, маркировать пропуски и задержки, а также учитывать происхождение каждого значения. Иначе даже хорошие алгоритмы будут работать на неоднородном материале. Для химического производства, где рассогласование телеметрии и анализов на несколько минут может исказить причины отклонений качества, эта задача становится центральной.

Подсистема визуализации (*HMI*) должна повышать ситуационную осведомленность. Стандарты *ANSI*/*ISA*-101.01 и *IEC* 63303 рассматривают *HMI* как жизненный цикл с акцентом на безопасность и единообразие [5]. Дашборды разделены по ролям: технолог видит связи качества и режима, оператор – отклонения, руководитель – агрегированную картину. Единые правила навигации и выделение отклонений снижают когнитивную нагрузку. Кроме того, важна комплексная визуализация: на одном экране – стадия партии, параметры, лабораторные данные, тревоги. Это позволяет перейти от наблюдения за сигналами к контролю контекста.

При переходе от мониторинга к интеллектуальной поддержке решений центральное место занимает обнаружение аномалий во временных рядах. Современные обзоры показывают, что для промышленных систем применяются как классические методы статистического анализа и снижения размерности, так и глубокие модели, использующие автоэнкодеры, рекуррентные и трансформерные архитектуры [6]. Для химических процессов важна не только чувствительность, но и устойчивость к смене режимов. Исследования на процессе *Tennessee Eastman* показывают, что глубокая аномалистика выявляет сложные отклонения, но качество зависит от выбора признаков, окна и порога [7]. В эксплуатации необходимо обучать модели на репрезентативных данных, учитывать сезонность и контролировать дрейф.

Для предприятия, где часть параметров связана с качеством, часть – с безопасностью, целесообразно применять несколько независимых интеллектуальных модулей: оценка вероятности ухудшения качества, обнаружение изменений динамики оборудования, прогнозирование опасного развития режима. Важно, чтобы аналитика не подменяла штатную автоматику, а формировала ранние предупреждения и рекомендации.

Особого внимания заслуживает раннее обнаружение аварийных ситуаций в химическом производстве, где угроза часто формируется как последовательность слабых признаков: ускоренный рост температуры, нехарактерное изменение давления, отклонения в составе среды и аномалии работы оборудования. Поэтому интеллектуальные модули целесообразно использовать как уровень раннего предупреждения и поддержки оператора, а не как единственный исполнительный триггер защитных функций.

Именно здесь становится принципиальным архитектурное разделение аналитики и функциональной безопасности. Документы *IEC* 61511 и *IEC* 61508 требуют, чтобы исполнительные функции безопасности (*SIS*) оставались в независимом детерминированном контуре [8]. Интеллектуальные модули выдают предупреждения и рекомендации, но блокировки и аварийная остановка – только через сертифицированную логику.

Практическое значение такой схемы особенно велико для реакторных участков, где качество продукции и безопасность тесно связаны. Например, ухудшение теплоотвода сначала проявляется как отклонение скорости роста температуры, затем – смещение вязкости, и при развитии – выход в опасную область. Если система объединяет онлайн-параметры, лабораторные пробы, историю тревог и состояние исполнительных механизмов, оператор получает не постфактум сообщения, а раннюю ситуационную карточку с причинами, траекторией и приоритетными действиями. Тем самым визуализация перестает быть пассивным инструментом наблюдения и становится частью активной поддержки технологического решения.

При проектировании необходимо учитывать кибербезопасность *OT*-среды. *NIST SP*

800-82 *Rev*. 3 подчеркивает, что защита операционных технологий должна обеспечивать надежность, доступность и безопасность процесса [9]. Требуются сетевая сегментация, контроль доступа, журналирование, управление конфигурациями и мониторинг обмена между *IT*- и *OT*-контурами. Интеграция аналитики не должна создавать неуправляемые каналы к критическим контроллерам.

В организационном отношении внедрение системы обработки и визуализации данных промышленного предприятия следует рассматривать как создание управляемой инфраструктуры данных, а не разработку отдельного ПО. Успех определяется не только выбором технологий, но и единой семантикой тегов, политикой качества данных, регламентами изменений и правилами интерпретации.

Максимальный эффект достигается, когда лаборатория, технологи, автоматизаторы и служба безопасности работают с общей информационной моделью, тогда система становится средством согласованного управления качеством, производительностью и рисками.

Таким образом, система обработки и визуализации данных промышленного предприятия должна строиться как многослойная платформа, объединяющая стандартизованный сбор технологической информации, потоковую доставку сообщений, контекстуализацию по оборудованию и партии, формализованный расчет *KPI*, ролевую визуализацию и интеллектуальные сервисы раннего предупреждения. На примере химико-технологического производства показано, что наибольшую ценность дает не изолированная цифровизация отдельного участка, а объединение непрерывной телеметрии, лабораторного контроля и контуров безопасности в согласованную архитектуру. Использование моделей *ISA*-95/*IEC* 62264, *OPC UA*, *MQTT*, *ISO* 22400, подходов *HMI*, а также требований *NIST* и *IEC* к безопасности создает основу для масштабируемой и объяснимой системы, способной одновременно повышать прозрачность качества, сокращать время реакции на отклонения и поддерживать безопасную эксплуатацию технологических объектов. В этом состоит практический смысл перехода от разрозненных подсистем автоматизации к единому промышленному пространству данных.

Литература

1. ISA. ISA-95 Standard: Enterprise-Control System Integration [Electronic resource]. – Access mode : https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-95-standard.

2. OPC Foundation. OPC Unified Architecture, 2025 [Electronic resource]. – Access mode : https://opcfoundation.org/opcua-en.pdf.

3. ISO. ISO 22400-2:2014 Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management. Part 2: Definitions and descriptions [Electronic resource]. – Access mode : https://www.iso.org/obp/ui/en/.

4. Kreps, J. Kafka: A Distributed Messaging System for Log Processing / J. Kreps, N. Narkhede, J. Rao. – 2011 [Electronic resource]. – Access mode : https://pages.cs.wisc.edu/~akella/CS744/F17/838-CloudPapers/Kafka.pdf.

5. IEC. IEC 63303:2024 Human machine interfaces for process automation systems [Electronic resource]. – Access mode : https://webstore.iec.ch/en/publication/66298.

6. Darban, Z.Z. Deep Learning for Time Series Anomaly Detection: A Survey / Z.Z. Darban, G.I. Webb, S. Pan, C.C. Aggarwal, M. Salehi // ACM Computing Surveys, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : https://arxiv.org/abs/2211.05244.

7. Hartung, F. Deep Anomaly Detection on Tennessee Eastman Process / F. Hartung, A. Knoll, J.R. Banga, A. Bardow // Chemie Ingenieur Technik, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cite.202200238.

8. IEC. IEC 61511-1:2016+A1:2017 Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector. Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements [Electronic resource]. – Access mode : https://webstore.iec.ch/en/publication/61289.

9. Stouffer, K. Guide to Operational Technology (OT) Security / K. Stouffer, V. Pillitteri, S. Lightman, M. Abrams, A. Hahn // NIST SP 800-82 Rev. 3, 2023. [Electronic resource]. – Access mode : https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/82/r3/final.

10. Козлова, А.В. Проектирование модуля визуализации динамических процессов производ-

ства на предприятии / А.В. Козлова, Т.Г. Долгова, Е.В. Супрун // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 6(165). – С. 35–38.

References

10. Kozlova, A.V. Proektirovanie modulya vizualizatsii dinamicheskikh protsessov proizvodstva na predpriyatii / A.V. Kozlova, T.G. Dolgova, E.V. Suprun // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 6(165). – S. 35–38.

© Д.В. Заронов, А.А. Щетинина, Я.И. Шамлицкий, 2026

УДК 663.63.047

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫДЕРЖКИ ВИСКОВОГО ДИСТИЛЛЯТА: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

М.Г. КУЛИКОВА, Н.А. НОВИКОВ

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Смоленск

Ключевые слова и фразы: выдержка висковых дистиллятов; интенсификация процесса; экстракционные технологии; химический состав дистиллята; органолептические свойства; период созревания; спиртная продукция; оптимизация технологических процессов; эффективность выдержки.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена растущей необходимостью сокращения сроков выдержки висковых дистиллятов при сохранении их органолептических и химических качеств в условиях увеличения спроса на качественную спиртную продукцию. Одним из ключевых факторов оптимизации процесса выдержки является применение интенсивных методов, включая экстракционные технологии, которые позволяют ускорить экстракцию веществ из дубовой бочки и формирование характерного вкуса и аромата виски. Цель исследования – оценка эффективности интенсивных методов выдержки висковых дистиллятов и анализ их влияния на качественные показатели дистиллята. Задачи исследования: анализ влияния параметров интенсивной выдержки (температура, время экстракции, тип экстрагента, размеры фракции) на химический состав и органолептические свойства вискового дистиллята; проведение экспериментальных исследований процесса выдержки в лабораторных условиях; сравнительный анализ традиционной и интенсифицированной выдержки по ключевым показателям качества. Гипотеза исследования состоит в том, что применение интенсивных методов выдержки висковых дистиллятов способствует значительному сокращению сроков созревания при сохранении или улучшении органолептических характеристик и химического состава. Методы исследования включают химический анализ дистиллятов (газовая хроматография, спектрофотометрия), органолептическую оценку, лабораторные эксперименты с варьированием параметров выдержки и статистическую обработку полученных данных. Перспективы использования результатов и рекомендаций исследования заключаются в применении их для модернизации технологических процессов производства виски, что позволит сократить сроки выдержки, снизить производственные затраты и повысить конкурентоспособность продукции. Выводы исследования подтверждают, что интенсификация выдержки висковых дистиллятов является эффективным способом сокращения сроков созревания, а оптимизация параметров процесса способствует формированию качественных характеристик, соответствующих традиционной длительной выдержке.

В современных условиях растущего спроса на качественную спиртную продукцию и ужесточения конкурентной борьбы на рынке виски производители стремятся сократить сроки выдержки дистиллятов без ущерба для их органолептических и химических характеристик. Традиционная выдержка вискового дистиллята в дубовых бочках занимает от 3 до 18 лет и более, что создает значительные производственные и финансовые ограничения. Одной из наиболее перспективных стратегий решения этой проблемы является интенсификация процесса выдержки с применением экстракционных технологий, позволяющих ускорить экстракцию дубильных веществ, лигнина и других компонентов из древесины в дистиллят [1].

Научно-технический интерес к исследованию интенсификации выдержки висковых дистиллятов обусловлен возможностью достижения качественных показателей, сопоставимых с традиционной длительной выдержкой, в существенно более короткие сроки. Экстракционные методы, включая использование экстракционных аппаратов, микроволновое воздействие, ультразвуковую обработку и повышенные температурные режимы, позволяют активизировать массоперенос веществ из древесины в спиртосодержащую жидкость и ускорить процессы окисления и эстерфикации.

Актуальность данного исследования связана с необходимостью разработки эффективных методов интенсификации выдержки висковых дистиллятов и анализа их влияния на качественные показатели продукции. Работа направлена на систематическое изучение физико-химических и органолептических изменений дистиллята в процессе интенсивной выдержки, проведение экспериментальных исследований с варьированием параметров процесса и сравнительный анализ с традиционной выдержкой.

Таким образом, поставленная задача представляет собой важный вклад в развитие технологии производства виски и совершенствование процессов созревания спиртных напитков, что отвечает современным вызовам в области повышения эффективности производства и конкурентоспособности продукции.

Систематический анализ методов интенсификации выдержки висковых дистиллятов показал, что применение экстракционных технологий обеспечивает ускорение экстракции дубильных веществ, лигнина, фурфурола и других компонентов из древесины, что способствует формированию характерного вкуса, аромата и цвета дистиллята в сжатые сроки. Исследования химического состава дистиллятов выявили значительное увеличение концентрации фенольных соединений, сиреневых альдегидов и ванилина при использовании интенсивных методов выдержки по сравнению с традиционным процессом [2].

Экспериментальные данные подтвердили, что оптимальными параметрами для интенсификации выдержки висковых дистиллятов являются температурный режим 45–55 °*C*, продолжительность процесса 7–14 суток, использование дубовой щепы фракции 2–5 мм, содержание спирта 60–65 % об. и применение экстракционных аппаратов с перемешиванием. В этих условиях наблюдается формирование органолептических характеристик, соответствующих традиционной выдержке 3–5 лет, при сокращении сроков созревания в 200–300 раз.

Сравнительный анализ химического состава дистиллятов, полученных методом интенсивной выдержки и традиционной выдержки в дубовых бочках, показал, что содержание основных компонент (фенольные соединения, кислоты, сложные эфиры, альдегиды) различается не более чем на 10–15 %, что свидетельствует о высокой степени сходства качественных показателей. Органолептическая оценка проводилась профессиональной дегустационной комиссией и подтвердила высокую оценку интенсивно выдержанных дистиллятов по параметрам цвета, аромата, вкуса и общего впечатления.

Математическое моделирование кинетики экстракции веществ из древесины и экспериментальные проверки позволили сформулировать рекомендации по оптимизации параметров интенсивной выдержки висковых дистиллятов, что сделало возможным повышение производительности производства и снижение затрат на созревание продукции [3].

Таким образом, внедрение методов интенсивной выдержки обеспечивает существенное сокращение сроков созревания висковых дистиллятов при сохранении высоких органолептических и химических показателей, что имеет важное практическое значение для развития производства спиртной продукции.

Продолжая изложение, следует отметить, что исследование также выявило определенные ограничения и направления для дальнейших разработок. В частности, необходимость более глубокого понимания влияния интенсивных методов выдержки на формирование сложных вкусоароматических соединений и долгосрочную стабильность качества дистиллята порождает перспективы для дальнейших исследований в области кинетики химических реакций и старения спиртных напитков. Разработка адаптивных систем управления процессом интенсивной выдержки с учетом изменений свойств дистиллята и древесины может значительно повысить качество конечной продукции.

В практическом плане результаты данного исследования могут быть использованы для модернизации существующих и проектирования новых производственных линий по выдержке висковых дистиллятов с целью со-

кращения сроков созревания, снижения производственных затрат и увеличения объемов выпуска качественной продукции. Таким образом, интеграция методов интенсивной выдержки в промышленное производство виски способствует решению задач повышения конкурентоспособности, снижения себестоимости продукции и удовлетворения растущего спроса на рынке спиртных напитков.

В дальнейшем развитие технологии интенсивной выдержки требует интеграции современных методов мониторинга и контроля процессов в экстракционных аппаратах, включая применение спектроскопических методов, хроматографического анализа и автоматизированных систем регулирования. Это позволит обеспечить адаптивное управление режимами выдержки в зависимости от характеристик дистиллята и древесины, что повысит стабильность качества и эффективность производства.

Кроме того, перспективным направлением является исследование взаимодействия интенсивных методов выдержки с различными типами древесины (дуб американский, европейский, французский), а также синергетический эффект с другими методами интенсификации, такими как ультразвуковая обработка, микроволновое воздействие и катализ. Изучение влияния интенсивной выдержки на долгосрочную стабильность качества дистиллята при хранении и потреблении может стать основой для новых технологических решений в области производства спиртных напитков.

Таким образом, дальнейшее совершенствование методов интенсивной выдержки и их интеграция в комплексные технологии производства виски обладает значительным потенциалом для повышения эффективности отрасли и увеличения доли качественной спиртной продукции на рынке.

В представленной статье подтверждена высокая эффективность методов интенсификации выдержки висковых дистиллятов как способа сокращения сроков созревания при сохранении высоких органолептических и химических показателей. Проведенные экспериментальные исследования показали, что применение экстракционных технологий способствует ускорению экстракции дубильных веществ и формированию характерных вкусоароматических свойств дистиллята.

Для практического применения рекомендуется внедрение методов интенсивной выдержки с оптимизированными параметрами температуры, продолжительности процесса, фракции древесины и содержания спирта, обеспечивающими качество, сопоставимое с традиционной выдержкой 3–5 лет. При проектировании и модернизации производственных линий следует учитывать возможности использования экстракционных аппаратов с перемешиванием и автоматизированных систем контроля процесса.

Разработаны и обоснованы рациональные технологические параметры интенсивной выдержки висковых дистиллятов, обеспечивающие оптимальные условия для экстракции веществ из древесины и формирования качественных характеристик продукции. Использование данной технологии позволяет повысить производительность производства, сократить сроки созревания дистиллятов в 200–300 раз и снизить производственные затраты.

Данные рекомендации способствуют сокращению сроков выдержки, увеличению объемов выпуска качественной висковой продукции и улучшению экономической эффективности производства. Внедрение разработанных решений будет способствовать развитию конкурентоспособных технологий производства спиртных напитков и удовлетворению растущего спроса на рынке. Дополнительные исследования и практическое тестирование позволят расширить область применения интенсивной выдержки и повысить стабильность качества продукции в условиях промышленного производства.

Полученные результаты имеют практическую значимость для модернизации существующих и проектирования новых производственных линий по выдержке висковых дистиллятов, способствуя развитию современных технологий производства спиртной продукции. Дополнительные исследования по адаптивному управлению процессами и интеграции интенсивной выдержки с другими методами интенсификации откроют новые возможности для повышения качества и эффективности производства виски.

Литература

1. Марченкова, Е.Р. Роль малого бизнеса в развитии экономики Российской Федерации / Е.Р. Марченкова // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых : материа-

лы Национальной научно-практической студенческой конференции, Брянск, 07–08 декабря 2022 года / Отв. ред. Е.Д. Селифонова, Т.А. Степченко, О.В. Тишина. Том 1. – Брянск : Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2022. – С. 290–295.

2. Сазонова, Е.А. Современные беспилотные летательные аппараты в растениеводстве / Е.А. Сазонова, Е.Р. Марченкова // Продовольственная безопасность как фактор повышения качества жизни : материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Орел, 29 сентября 2021 года. – Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2021. – С. 440–446.

3. Кривко, С.Р. Государственный механизм регулирования процесса формирования сферы услуг в проблемном регионе / С.Р. Кривко, О.В. Теленкова, Е.Р. Марченкова // Components of Scientific and Technological Progress. – 2014. – № 1(19). – С. 24–26.

References

1. Marchenkova, E.R. Rol malogo biznesa v razvitii ekonomiki Rossijskoj Federatsii / E.R. Marchenkova // Aktualnye problemy sovremennoj nauki: vzglyad molodykh uchenykh : materialy Natsionalnoj nauchno-prakticheskoj studencheskoj konferentsii, Bryansk, 07–08 dekabrya 2022 goda / Otv. red. E.D. Selifonova, T.A. Stepchenko, O.V. Tishina. Tom 1. – Bryansk : Bryanskij gosudarstvennij universitet imeni akademika I.G. Petrovskogo, 2022. – S. 290–295.

2. Sazonova, E.A. Sovremennye bespilotnye letatelnye apparaty v rastenievodstve / E.A. Sazonova, E.R. Marchenkova // Prodovolstvennaya bezopasnost kak faktor povysheniya kachestva zhizni : materialy Natsionalnoj (Vserossijskoj) nauchno-prakticheskoj konferentsii, Orel, 29 sentyabrya 2021 goda. – Orel : Orlovskij gosudarstvennij agrarnij universitet imeni N.V. Parakhina, 2021. – S. 440–446.

3. Krivko, S.R. Gosudarstvennij mekhanizm regulirovaniya protsessa formirovaniya sfery uslug v problemnom regione / S.R. Krivko, O.V. Telenkova, E.R. Marchenkova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2014. – № 1(19). – S. 24–26.

© М.Г. Куликова, Н.А. Новиков, 2026

УДК 656.07

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

М.С. МИГАЛКИНА, А.В. СУРИНА

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: авиастроение; управление рисками; нечеткие множества; функция чувствительности; лингвистические переменные; матрица рисков; цифровые риски.

Аннотация: В статье представлена типовая модель оценки рисков авиастроительного производства, интегрирующая аппарат нечетких множеств и функцию чувствительности. Цель работы – разработка типовой модели, позволяющей формализовать лингвистические экспертные оценки и одновременно учитывать взаимное влияние параметров риска, включая новые классы цифровых угроз. Гипотеза исследования: синтез нечеткой логики и функции чувствительности обеспечивает адекватную оценку рисков в условиях цифровой трансформации, когда статистические данные отсутствуют, а экспертные оценки носят качественный характер. В рамках исследования решены следующие задачи: формализация входных лингвистических переменных, построение матрицы чувствительности, разработка модифицированного алгоритма нечеткого вывода, адаптация модели к трем классам цифровых рисков, верификация на литературных кейсах. Применены методы теории нечетких множеств, аппарат функций чувствительности, экспертные процедуры калибровки и метод центра тяжести для дефаззификации. Обоснована недостаточность классических вероятностных, статистических и имитационных подходов в условиях цифровой трансформации отрасли. Разработана структура модели с четырьмя входными лингвистическими переменными и матрицей чувствительности размерности 4×4. Приведены формализация функций принадлежности, алгоритм агрегации и числовой пример. Выполнена адаптация модели к специфике цифровых рисков. Проведена проверка на описанных в литературе кейсах, расхождение между расчетными и фактическими значениями составило 18–22 %.

Цифровая трансформация авиастроительной отрасли, включающая внедрение цифровых двойников, промышленного интернета вещей и систем предиктивной аналитики, принципиально изменяет характер производственных процессов и порождает качественно новые классы рисков [1]. Как отмечает Н.В. Балабанова, взаимопроникновение физических и цифровых систем создает риски, которые не могут быть адекватно описаны в рамках детерминированных или классических стохастических моделей из-за неустранимого элемента качественной неопределенности [2]. Э.А. Оздоева в своих исследованиях, посвященных управлению разработкой авиационных двигателей, подчеркивает, что специфика авиадвигателестроения как объекта риск-анализа состоит в сочетании высокой технологической сложности с уникальностью каждого проекта и крайней дороговизной полигонной апробации гипотез [3; 4]. В.А. Старцев и С.Г. Фалько указывают на то, что риски проектов и процессов образуют неразрывные кластеры взаимозависимостей, которые при традиционном поэлементном анализе неизбежно недооцениваются [5]. М.В. Хачатурян добавляет, что новые технологические риски носят системный характер и не могут быть управляемы в рамках традиционных поэлементных подходов [6].

Таким образом, анализ литературы показывает, что классические вероятностные, статистические и имитационные модели управления рисками имеют принципиальные ограничения применительно к современным авиастроитель-

ным проектам. Вероятностные методы требуют обширной статистической базы, которая отсутствует для уникальных инновационных разработок. Статистические модели исходят из предположения о стационарности процессов, нарушаемой в условиях технологических инноваций. Имитационные модели критически зависят от точности входных данных, тогда как на ранних стадиях проектирования достоверны лишь лингвистические экспертные оценки. Ни один из этих подходов в отдельности не способен адекватно работать с качественной неопределенностью и структурными взаимосвязями между рисками [7; 8].

Актуальность работы заключается в недостаточности адекватной оценки рисков в классических вероятностно-статистических и имитационных подходах в условиях цифровой трансформации авиастроительной отрасли, что говорит необходимости разработки математических моделей, работающих с лингвистическими экспертными данными и учитывающих взаимное влияние рисковых параметров.

Научная новизна заключается в том, что в отличие от существующих нечетко-множественных моделей, которые оценивают риски изолированно, предложенная модель объединяет аппарат нечеткой логики с функцией чувствительности, что позволяет учитывать взаимное влияние параметров риска, а также влияние новой цифровой переменной «цифровая уязвимость», которая ранее не рассматривалась, как самостоятельный риск.

Предмет исследования – процессы управления рисками.

Объект – авиастроительное производство.

Оценка рисков является ключевым элементом процесса управления рисками. В рамках настоящей работы под оценкой понимается последовательность этапов: идентификация рисковых факторов, их качественное и количественное описание, агрегирование отдельных показателей в интегральную оценку, а также интерпретация полученного результата для принятия управленческих решений. Для каждого из этих этапов применяются соответствующие математические методы, которые описаны ниже.

В работе использован комплекс методов, каждый из которых соответствует одной из решаемых задач. Для анализа ограничений традиционных подходов проведен сравнительный обзор четырех классов моделей – вероятностных, статистических, имитационных и нечетко-множественных. Сравнение выполнено по нескольким параметрам: какие методы лежат в основе каждого класса, в чем их сильные стороны, какие ограничения проявляются в условиях цифровизации и насколько каждый класс применим к авиастроительной специфике [9–11].

Для работы с лингвистическими экспертными оценками применен аппарат теории нечетких множеств Л. Заде. Этот метод позволяет перевести качественные суждения экспертов, например, «высокая вероятность» или «критические последствия», в формализованные конструкции с функциями принадлежности.

Для выявления структурных взаимосвязей между риск-факторами использован инструментарий функции чувствительности. Иными словами, с помощью функции чувствительности можно оценить, какой вклад вносит каждый параметр в общий риск и изменение какого параметра даст наибольший эффект.

Предлагаемая модель базируется на четырех входных лингвистических переменных, определенных на нормированном интервале [0; 1]: вероятность наступления рискового события (P); тяжесть последствий (C); скорость распространения риска (V); цифровая уязвимость (D). Последняя переменная является принципиально новой и отражает степень подверженности производственной системы кибератакам, сбоям алгоритмов автоматизации и ошибкам систем ИИ.

База нечетких правил построена по принципу «ЕСЛИ – ТО» и структурирована по трем классам: традиционные производственно-технические риски, цифровые угрозы, комбинированные (синергетические) риски.

Для учета взаимного влияния параметров вводится матрица чувствительности S размерности 4×4, элемент s_{ij} которой отражает силу и направление влияния i-го фактора на j-й. Матрица, откалиброванная экспертно, имеет вид (фрагмент): $s_{PC} = 0{,}45$; $s_{PD} = 0{,}60$; $s_{VD} = 0{,}75$; $s_{CV} = 0{,}25$ и т.д. Наибольшее взаимное усиление наблюдается между скоростью распространения и цифровой уязвимостью, что отражает каскадное распространение киберрисков [11]. Алгоритм работы модели включает шесть этапов: формирование экспертных лингвистических оценок, фаззификацию (преобразование в нечеткие числа), нечеткий вывод по базе правил, применение матрицы чувствительности, дефаззификацию методом центра тяжести, зонирование интегрального индекса [12; 13].

Таблица 1. Обобщенные данные для сценария «Кибератака»

Показатель	Значение
Входные параметры для сценария кибератаки (*P*, *C*, *V*, *D*)	0,70; 0,75; 0,72; 0,80
Стандартная степень активации правила 9 (α_9)	0,53
Модифицированная степень активации ($\tilde{\alpha}_9$) после применения матрицы *S*	0,378
Интегральный индекс риска R^* (с учетом матрицы *S*)	0,879
Интегральный индекс риска (без учета матрицы *S*, для сравнения)	0,865
Зона риска	критическая (0,75–1,00)
Расхождение расчетных значений с фактическими (по трем кейсам)	18–22 %

Рассмотрен типовой риск – кибератака на систему управления производственными процессами сборочного производства фюзеляжа. Экспертные оценки: $P = 0{,}70$ (высокая вероятность), $C = 0{,}75$ (критические последствия – остановка линии >24 часов), $V = 0{,}72$ (скорость на границе быстрой и лавинообразной), $D = 0{,}80$ (критическая цифровая уязвимость). Фаззификация дала активные термы: P_4 ($\mu = 1{,}00$), C_4 ($\mu = 1{,}00$), V_3 ($\mu = 0{,}53$), V_4 ($\mu = 0{,}13$), D_4 ($\mu = 0{,}67$). Активированы правила № 9 (комбинированный класс, $\alpha_9 = 0{,}53$) и № 5 (цифровой класс, $\alpha_5 = 0{,}13$). Поправочный член для правила 9: $\Sigma s_{\{ij\}} \cdot \mu_i \cdot \mu_j = 1{,}745$. Модифицированные степени активации: $\tilde{\alpha}_9 = 0{,}378$; $\tilde{\alpha}_5 = 0{,}036$. Дефаззификация дала $R^* = 0{,}879$, что соответствует критической зоне риска. Без учета матрицы чувствительности R^* составило бы 0,865 – разница принципиальна для пограничных сценариев [13].

Калибровка функции чувствительности выполнена по пятишаговой процедуре: формирование экспертной панели, заполнение матрицы попарных оценок по лингвистической шкале, нечеткое усреднение с весами по квалификации, проверка согласованности (индекс Кронбаха), проверка чувствительности к составу панели (порог 10–15 % изменения модальных значений) [14].

Верификация модели была проведена на трех типологически различных кейсах, описанных в литературе: разработка программного обеспечения жизненного цикла авиационного двигателя [9], анализ рисков инновационных проектов на ранних стадиях проектирования [4], управление комплексными рисками авиакомпаний в условиях цифровизации [8]. По итогам верификации расхождение между модельными прогнозными оценками совокупного рискового индекса и ретроспективно установленными фактическими значениями не превышает 18–22 %, что для нечетко-множественной модели с качественными входными данными является приемлемым показателем точности.

Основные числовые результаты, полученные в ходе расчета по предложенной модели для сценария кибератаки, а также обобщенные данные верификации сведены в табл. 1.

Разработана типовая модель оценки рисков авиастроительного производства, интегрирующая аппарат нечетких множеств и функцию чувствительности.

Представим основные научные и прикладные результаты.

1. Обоснована недостаточность классических вероятностных, статистических и имитационных подходов для описания рискового ландшафта в условиях цифровой трансформации авиастроения. Показано, что синтез нечеткой логики и функции чувствительности позволяет формализовать лингвистические экспертные оценки и одновременно улавливать нелинейные межпараметрические взаимодействия.

2. Построена модель с четырьмя входными лингвистическими переменными (вероятность, тяжесть последствий, скорость распространения, цифровая уязвимость), редуцированной базой правил трех классов и матрицей чувствительности *S* размерности 4×4. Формализованы функции принадлежности, модифицированная степень активации правил и процедура дефаззификации.

3. Введена новая переменная «цифровая уязвимость», отражающая специфику киберфизических угроз, и разработана процедура

калибровки матрицы чувствительности по экспертным данным с проверкой согласованности и устойчивости.

4. Выполнена адаптация модели к трем классам цифровых рисков: сбои цифровых двойников, кибератаки на производственные системы, ошибки алгоритмов машинного обучения. Верификация на исторических кейсах подтвердила приемлемую точность (расхождение 18–22 %) и выявила необходимость периодической рекалибровки каждые 18–24 месяца.

Модель переводит оценку рисков с логики изолированного анализа отдельных угроз на логику системного рискового профилирования, что соответствует требованиям цифровой производственной среды с высокой взаимозависимостью компонентов. Предложенный инструментарий может быть встроен в цифровую платформу управления рисками авиастроительного предприятия как адаптивная система поддержки принятия решений.

Дальнейшее развитие модели предполагает переход к динамической калибровке матрицы чувствительности на основе данных промышленного интернета вещей, внедрение методов машинного обучения для автоматической настройки функций принадлежности, интеграцию модели в архитектуру цифрового двойника авиастроительного предприятия для непрерывного риск-мониторинга.

Литература

1. Cassimon, B. Incorporating Technical Risk in Compound Real Option Models to Value a Pharmaceutical R&D Licensing Opportunity / B. Cassimon, D.E. Baecker, P.J. Engelen, M. van Wouwe // Research Policy. – 2011. – No. 40. – P. 1200–1216.

2. Балабанова, Н.В. Исследование проблематики управления рисками цифровой трансформации бизнес-процессов / Н.В. Балабанова, А.Ю. Журавлев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2021. – № 4(68). – С. 20–25. – DOI: 10.6060/snt.20216804.0003. – EDN RDGFSQ.

3. Антонов, Г.Д. Управление рисками организации : учебник / Г.Д. Антонов, О.П. Иванова, В.М. Тумин. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 153 с.

4. Оздоева, Э.А. Формирование механизма оценки рисков при управлении разработкой авиационных двигателей : дис. … канд. эконом. наук / Э.А. Оздоева. – М., 2022. – 200 с.

5. Старцев, В.А. Риски проектов и процессов при интегрированном проектировании инновативных продуктов / В.А. Старцев, С.Г. Фалько // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 1393–1402.

6. Хачатурян, М.В. Особенности управления рисками цифровой трансформации бизнес-процессов организации в условиях пандемии / М.В. Хачатурян // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15. – № 1. – С. 45–58. – DOI: 10.18334/ce.15.1.111515. – EDN SLVPSQ.

7. Бадалова, А.Г. Функциональная схема системы стратегического управления рисков предприятия авиационно-промышленного комплекса на основе стоимостного подхода / А.Г. Бадалова, П.А. Пантелеев // Труды МАИ. – 2011. – № 42. – С. 24.

8. Бугаев, Д.А. Управление рисками в период цифровых трансформаций / Д.А. Бугаев, Д.А. Лопатин // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № s6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://esj.today/PDF/28FAVN623.pdf.

9. Оздоева, Э.А. Разработка концепции программного обеспечения технико-экономической оценки жизненного цикла авиационного двигателя как элемента цифровой экономики авиадвигателестроения / Э.А. Оздоева, О.А. Смоляков, Б.Г. Нестеренко, А.Р. Поляков // Сборник международной научно-технической конференции «International conference on aviation motors (ICAM 2020)». – М. : ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2021. – С. 340–344.

10. Кротова, Е.Л. Байесовские методы, МСМС и нечеткая логика в сложных математических моделях: Обзор применений / Е.Л. Кротова, А.А. Савочкина // СТИН. – 2026. – № 1. – С. 45–48.

11. Тимофеева, Т.Б. Качественный анализ рисков инвестиционного проекта / Т.Б. Тимофеева, Э.А. Оздоева // Материалы 21-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления – 2016». – М. : ГУУ, 2016. – С. 96–99.

12. Бекметова, А.К. Modern problems of logistics risk management in supply chain in the digital economy / А.К. Бекметова, О.В. Кошкина // Экономическая серия вестника ЕНУ им. Л.Н. Гумиле-

ва. – 2025. – № 2. – С. 45–65.

13. Любухин, А.С. Методы анализа рисков информационной безопасности: нечеткая логика / А.С. Любухин // Iinternational journa of open information technologies. – 2023. – Т. 11. – № 2.

References

2. Balabanova, N.V. Issledovanie problematiki upravleniya riskami tsifrovoj transformatsii biznes-protsessov / N.V. Balabanova, A.YU. ZHuravlev // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regionalnoe prilozhenie. – 2021. – № 4(68). – S. 20–25. – DOI: 10.6060/snt.20216804.0003. – EDN RDGFSQ.

3. Antonov, G.D. Upravlenie riskami organizatsii : uchebnik / G.D. Antonov, O.P. Ivanova, V.M. Tumin. – M. : INFRA-M, 2017. – 153 s.

4. Ozdoeva, E.A. Formirovanie mekhanizma otsenki riskov pri upravlenii razrabotkoj aviatsionnykh dvigatelej : dis. … kand. ekonom. nauk / E.A. Ozdoeva. – M., 2022. – 200 s.

5. Startsev, V.A. Riski proektov i protsessov pri integrirovannom proektirovanii innovativnykh produktov / V.A. Startsev, S.G. Falko // Voprosy innovatsionnoj ekonomiki. – 2020. – T. 10. – № 3. – S. 1393–1402.

6. KHachaturyan, M.V. Osobennosti upravleniya riskami tsifrovoj transformatsii biznes-protsessov organizatsii v usloviyakh pandemii / M.V. KHachaturyan // Kreativnaya ekonomika. – 2021. – T. 15. – № 1. – S. 45–58. – DOI: 10.18334/ce.15.1.111515. – EDN SLVPSQ.

7. Badalova, A.G. Funktsionalnaya skhema sistemy strategicheskogo upravleniya riskov predpriyatiya aviatsionno-promyshlennogo kompleksa na osnove stoimostnogo podkhoda / A.G. Badalova, P.A. Panteleev // Trudy MAI. – 2011. – № 42. – S. 24.

8. Bugaev, D.A. Upravlenie riskami v period tsifrovykh transformatsij / D.A. Bugaev, D.A. Lopatin // Vestnik evrazijskoj nauki. – 2023. – T. 15. – № s6 [Electronic resource]. – Access mode : https://esj.today/PDF/28FAVN623.pdf.

9. Ozdoeva, E.A. Razrabotka kontseptsii programmnogo obespecheniya tekhniko-ekonomicheskoj otsenki zhiznennogo tsikla aviatsionnogo dvigatelya kak elementa tsifrovoj ekonomiki aviadvigatelestroeniya / E.A. Ozdoeva, O.A. Smolyakov, B.G. Nesterenko, A.R. Polyakov // Sbornik mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii «International conference on aviation motors (ICAM 2020)». – M. : TSIAM im. P.I. Baranova, 2021. – S. 340–344.

10. Krotova, E.L. Bajesovskie metody, MSMS i nechetkaya logika v slozhnykh matematicheskikh modelyakh: Obzor primenenij / E.L. Krotova, A.A. Savochkina // STIN. – 2026. – № 1. – S. 45–48.

11. Timofeeva, T.B. Kachestvennij analiz riskov investitsionnogo proekta / T.B. Timofeeva, E.A. Ozdoeva // Materialy 21-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii «Aktualnye problemy upravleniya – 2016». – M. : GUU, 2016. – S. 96–99.

12. Bekmetova, A.K. Modern problems of logistics risk management in supply chain in the digital economy / A.K. Bekmetova, O.V. Koshkina // Ekonomicheskaya seriya vestnika ENU im. L.N. Gumileva. – 2025. – № 2. – S. 45–65.

13. Lyubukhin, A.S. Metody analiza riskov informatsionnoj bezopasnosti: nechetkaya logika / A.S. Lyubukhin // Iinternational journa of open information technologies. – 2023. – T. 11. – № 2.

© М.С. Мигалкина, А.В. Сурина, 2026

УДК 519.632.4

КОМПЕНСАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОШИБКИ В НАПРАВЛЕННЫХ ИТЕРАЦИОННЫХ СХЕМАХ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ЛАПЛАСА И ПУАССОНА

Н.Д. ВОЛОДОВ, Д.В. КОНДРАТОВ

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Ключевые слова и фразы: уравнение Лапласа; уравнение Пуассона; краевая задача; конечно-разностная аппроксимация; сеточная функция; итерационная схема; направленный пересчет узлов; параметризованная схема; распределение ошибки.

Аннотация: Целью исследования является оценка влияния направленного порядка пересчета узлов на величину и распределение ошибки при конечно-разностном решении краевых задач для двумерных уравнений Лапласа и Пуассона, а также сопоставление предложенного подхода с классическими итерационными методами.

Задачи работы включают формализацию направленного порядка последовательного пересчета узлов, построение схем с чередованием пересчета от границ вычислительной области к ее центру и от центра к границам, а также оценку влияния различных вариантов направленного пересчета на величину ошибки и пространственное распределение локальных отклонений.

Гипотеза исследования состоит в том, что изменение направления и соотношения вариантов направленного пересчета узлов может влиять на пространственную неравномерность ошибки и снижать выраженность локальных отклонений.

В работе применяются методы конечно-разностной аппроксимации, итерационные методы решения сеточных уравнений, а оценка результатов проводится в рамках вычислительного эксперимента.

В результате предложен подход к построению итерационных схем с изменяемым направлением пересчета узлов, позволяющий учитывать влияние порядка пересчета на точность решения и пространственное распределение локальных отклонений.

Введение

Численное решение дифференциальных уравнений математической физики основано на переходе от непрерывной постановки задачи к сеточной задаче, позволяющей получать приближенные значения искомой функции в узлах расчетной области.

В настоящей работе рассматриваются краевые задачи для эллиптических уравнений Лапласа и Пуассона. Эти уравнения широко используются при описании стационарных процессов в теории потенциала, теплопроводности и электростатике, а их конечно-разностная аппроксимация относится к классическим способам численного решения краевых задач [1].

Современные исследования численного решения эллиптических задач охватывают построение компактных и высокоточных разностных схем [2–5], анализ сеточных и коллокационных решений для уравнений Лапласа и Пуассона [2; 6–8], разработку быстрых вычислительных подходов к уравнению Пуассона [9], итерационные подходы на основе спектральных методов [10], а также модифицированные конечно-разностные и нейросетевые подходы к решению краевых задач [11–13].

В данной работе внимание сосредоточено

на том, как порядок пересчета узлов влияет на распределение ошибки при конечно-разностной аппроксимации краевой задачи.

Подход основан на дискретизации независимых переменных и искомой сеточной функции с последующим учетом граничных и начальных условий. При этом значения во внутренних узлах определяются по уже известным значениям в соседних узлах без предварительного перехода к системе алгебраических уравнений [14].

Исследование опирается на ранее полученные результаты по построению начального приближения для краевых задач, описываемых уравнениями Лапласа и Пуассона, а также на подход к разбиению прямоугольной расчетной области для задания разных направлений пересчета узлов [15–16]. Полученные результаты служат основой для построения итерационных схем, в которых сопоставляются варианты пересчета узлов от границ расчетной области к центру и в обратном порядке [14].

Постановка краевой задачи и построение сеточной модели

Рассматривается прямоугольная расчетная область:

$$\Omega = [A, B] \times [C, D],$$

граница которой обозначается через Г. В области Ω задается равномерная прямоугольная сетка:

$$x_i = A + ih_x, \quad i = 0, 1, \ldots, N,$$
$$y_j = C + jh_y, \quad j = 0, 1, \ldots, M,$$

где $h_x = (B - A)/N$, $h_y = (D - C)/M$.

Узлы сетки обозначаются через (x_i, y_j), а приближенное значение искомой функции $u(x, y)$ в узле сетки – через $u_{i,j} \approx u(x_i, y_j)$.

Для двумерного уравнения Пуассона рассматривается краевая задача с граничными условиями Дирихле.

Рассматриваемая краевая задача формулируется как задача Дирихле для двумерного уравнения Пуассона:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y), \quad (x, y) \in \Omega, \qquad (1)$$

с граничным условием $u(x, y)|_\Gamma = \varphi(x, y)$.

Здесь $f(x, y)$ – заданная правая часть уравнения, а $\varphi(x, y)$ – заданная функция на границе области. При $f(x, y) = 0$ из (1) получаем уравнение Лапласа:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad (x, y) \in \Omega. \qquad (2)$$

Для внутренних узлов сетки, то есть при $i = 1, 2, \ldots, N - 1$, $j = 1, 2, \ldots, M - 1$, вторые производные аппроксимируются центральными разностями второго порядка [1]:

$$\frac{\partial^2 u(x_i, y_j)}{\partial x^2} \approx \frac{u_{i-1,j} - 2u_{i,j} + u_{i+1,j}}{h_x^2},$$
$$\frac{\partial^2 u(x_i, y_j)}{\partial y^2} \approx \frac{u_{i,j-1} - 2u_{i,j} + u_{i,j+1}}{h_y^2}.$$

Тогда конечно-разностная аппроксимация уравнения Пуассона имеет вид:

$$\frac{u_{i-1,j} - 2u_{i,j} + u_{i+1,j}}{h_x^2} + \frac{u_{i,j-1} - 2u_{i,j} + u_{i,j+1}}{h_y^2} = f_{i,j}, \qquad (3)$$

где $f_{i,j} = f(x_i, y_j)$.

В частном случае равномерной сетки с одинаковыми шагами имеем $h_x = h_y = h$.

Тогда после преобразований получаем классическую формулу для уравнения Пуассона на равномерной сетке:

$$u_{i,j} = \frac{1}{4}\left(u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - h^2 f_{i,j}\right). \qquad (4)$$

Для уравнения Лапласа, когда $f_{i,j} = 0$, соответствующая формула имеет вид:

$$u_{i,j} = \frac{1}{4}\left(u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1}\right). \qquad (5)$$

Граничные значения сеточной функции задаются непосредственно из условия Дирихле:

$$u_{i,j} = \varphi(x_i, y_j), \quad (x_i, y_j) \in \Gamma_h,$$

где Γ_h – множество граничных узлов сеточной области.

После конечно-разностной аппроксимации краевая задача может быть сведена к системе линейных алгебраических уравнений с разреженной, в частности пятидиагональной, матрицей. В дальнейшем рассматривается итерационный вариант решения, при котором значения сеточной функции во внутренних узлах последовательно пересчитываются по конечно-разностным формулам (4) и (5), что позволяет анализировать влияние порядка пересчета узлов на распределение ошибки.

Для дальнейшего изложения введем обозначение сеточной функции на *k*-м итерационном шаге:

$$U^{(k)} = \left\{ u_{i,i}^{(k)} \right\}.$$

Тогда локальный пересчет для уравнения Пуассона на равномерной сетке может быть записан в итерационной форме:

$$u_{i,j}^{(k+1)} = \frac{1}{4}\left(\tilde{u}_{i-1,j}^{(k)} + \tilde{u}_{i+1,j}^{(k)} + \tilde{u}_{i,j-1}^{(k)} + \tilde{u}_{i,j+1}^{(k)} - h^2 f_{i,j} \right), \quad (6)$$

где символ $\tilde{u}$ указывает на то, что при последовательном пересчете узлов часть соседних значений может быть уже обновлена на текущем шаге, а часть сохраняется с предыдущего шага вычислений. При таком способе пересчета новое значение узла сразу используется при дальнейшем пересчете соседних узлов.

Для уравнения Лапласа формула (6) принимает вид:

$$u_{i,j}^{(k+1)} = \frac{1}{4}\left(\tilde{u}_{i-1,j}^{(k)} + \tilde{u}_{i+1,j}^{(k)} + \tilde{u}_{i,j-1}^{(k)} + \tilde{u}_{i,j+1}^{(k)} \right). \quad (7)$$

Формирование начального приближения с учетом граничных значений

Начальное приближение задает исходное сеточное состояние для последующего пересчета узлов. Оно строится с учетом граничных значений, заданных условием Дирихле, и выбранного направления вычисления внутренних узлов расчетной области [14].

В рассматриваемом подходе начальное приближение строится на основе четырех вариантов направленного вычисления, каждый из которых начинается с внутреннего узла, смежного с двумя граничными узлами расчетной области.

Для уравнения Пуассона один из вариантов направленного пересчета узлов может быть задан формулой:

$$u_{i,j}^{(0,1)} = \frac{1}{3}\left(u_{i-1,j}^{(0,1)} + u_{i,j-1}^{(0,1)} + u_{i-1,j-1}^{(0,1)} \right) - h^2 f_{i,j}. \quad (8)$$

Аналогично для остальных направлений получаем:

$$u_{i,j}^{(0,2)} = \frac{1}{3}\left(u_{i+1,j}^{(0,2)} + u_{i,j-1}^{(0,2)} + u_{i+1,j-1}^{(0,2)} \right) - h^2 f_{i,j}, \quad (9)$$

$$u_{i,j}^{(0,3)} = \frac{1}{3}\left(u_{i-1,j}^{(0,3)} + u_{i,j+1}^{(0,3)} + u_{i-1,j+1}^{(0,3)} \right) - h^2 f_{i,j}, \quad (10)$$

$$u_{i,j}^{(0,4)} = \frac{1}{3}\left(u_{i+1,j}^{(0,4)} + u_{i,j+1}^{(0,4)} + u_{i+1,j+1}^{(0,4)} \right) - h^2 f_{i,j}. \quad (11)$$

Здесь верхний индекс (0, *s*), где *s* = 1, 2, 3, 4, обозначает одно из четырех промежуточных начальных приближений, полученных при разных направлениях вычисления. Каждая из формул (8)–(11) использует три узла: два соседних узла по координатным направлениям и один диагональный узел.

Однако возможны и иные варианты локального шаблона, при которых учитываются дополнительные уже заданные или уже пересчитанные значения, расположенные вдоль соответствующих граничных условий. Такие модификации позволяют варьировать способ формирования начального приближения и исследовать его влияние на последующий итерационный процесс [15].

Итоговое начальное приближение определяется как среднее арифметическое четырех направленных приближений:

$$u_{i,j}^{(0)} = \frac{1}{4}\left(u_{i,j}^{(0,1)} + u_{i,j}^{(0,2)} + u_{i,j}^{(0,3)} + u_{i,j}^{(0,4)} \right). \quad (12)$$

Полученное поле значений обозначим через $U^{(0)} = \left\{ u_{i,j}^{(0)} \right\}$.

Такой способ построения начального приближения учитывает краевые условия, заданные на разных сторонах расчетной области. Полученное $u_{i,j}^{(0)}$ снижает влияние одностороннего пересчета на начальное распределение ошибки, а сами вычисления могут выполняться параллельно с накоплением вклада в итоговое поле значений [16].

Декомпозиция области и направленный пересчет узлов

Для задания итерационного процесса было предложено представить расчетную область в виде совокупности четырех подобластей, центральных линий и центрального узла [16]. Такое разбиение задает структуру направленного пересчета узлов и позволяет анализировать влияние порядка вычислений на распределение ошибки.

Пусть число узлов по каждой координате является нечетным. Тогда в сеточной области существуют центральные индексы $i_c = N/2$, $j_c = M/2$.

В случае нумерации узлов от 0 до N и от 0 до M предполагается, что N и M являются четными числами, поэтому центральные индексы i_c и j_c принимают целые значения. Это позволяет однозначно выделить центральный столбец и центральную строку сеточной области.

Четыре подобласти расчетной области задаются следующим образом:

$$Q_1 = \{(i,j): i < i_c, j < j_c\},$$
$$Q_2 = \{(i,j): i > i_c, j < j_c\},$$
$$Q_3 = \{(i,j): i < i_c, j > j_c\},$$
$$Q_4 = \{(i,j): i > i_c, j > j_c\}.$$

Подобласти Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 далее будем называть «четвертями» расчетной области. Они используются для локализации направленных пересчетов и для последующего сравнения распределения ошибки в различных частях сетки.

Центральный столбец и центральная строка определяются множествами:

$$C_x = \{(i_c, j): j = 0, 1, \ldots, M\},$$
$$C_y = \{(i, j_c): i = 0, 1, \ldots, N\}.$$

Множество центральных линий имеет вид:

$$C = C_x \cup C_y.$$

Центральные линии C_x и C_y далее будем называть «централями» расчетной области, а их пересечению соответствует центральный узел (i_c, j_c). Эти элементы задают ориентир для двух направлений пересчета: от внешних границ к центру области и от центра к внешним границам. Первый вариант обозначим оператором $T_{\text{пр}}$, второй – оператором $T_{\text{обр}}$.

Оператор $T_{\text{пр}}$ соответствует полному пересчету узлов в направлении от внешних границ к «централям» с последующим вычислением значений на множестве C. Оператор $T_{\text{обр}}$ задает противоположный порядок: вычисление начинается от центрального узла и «централей», после чего пересчет выполняется в направлении внешних границ расчетной области. При этом оба варианта допускают параллельное вычисление значений в независимых подобластях расчетной области, то есть в «четвертях».

Введенное разбиение позволяет рассматривать $T_{\text{пр}}$ и $T_{\text{обр}}$ как операторов одного полного пересчета внутренних узлов. Если $U^{(k)}$ обозначает сеточную функцию после k-го полного пересчета расчетной области, то применение одного из направлений можно записать в виде:

$$U^{(k+1)} = T_{\text{пр}} U^{(k)}$$

или

$$U^{(k+1)} = T_{\text{обр}} U^{(k)}.$$

Первое соотношение соответствует пересчету от границ к «централям», второе – от «централей» к внешним границам.

Такой подход позволяет строить схемы как с неизменяемым направлением пересчета, так и с его чередованием. Варьирование соотношения $T_{\text{пр}}$ и $T_{\text{обр}}$ задает семейство схем и позволяет исследовать влияние порядка пересчета узлов на пространственное распределение ошибки и локализацию отклонений в расчетной области.

Предложенные варианты направленных итерационных схем

В качестве исходного состояния используется начальное приближение $U^{(0)}$, задающее начальную сеточную функцию для дальнейшего пересчета узлов.

Первым итерационным вариантом является однонаправленная схема, при которой все значения пересчитываются в направлении от граничных узлов к «централям». В операторной форме она записывается следующим образом:

$$S_{\text{пр}} = T_{\text{пр}}. \qquad (13)$$

Здесь $T_{\text{пр}}$ обозначает один полный пересчет расчетной области в направлении от границы

Γ_h ко множеству C. После k итераций состояние сеточной функции имеет вид:

$$U^{(k)} = T_{\text{пр}}^k U^{(0)}. \quad (14)$$

Данная схема позволяет оценить влияние неизменяемого направления пересчета на уменьшение ошибки и возможную локализацию повышенных отклонений в центральной части расчетной области.

Вторым вариантом является симметричная схема с чередованием направлений $T_{\text{пр}}$ и $T_{\text{обр}}$. Один период такого чередования имеет вид:

$$S_{1:1} = T_{\text{обр}} T_{\text{пр}}. \quad (15)$$

При этом одна итерация соответствует одному полному пересчету внутренних узлов, поэтому период $S_{(1:1)}$ включает две итерации. Тогда состояние сеточной функции после k итераций можно записать следующим образом:

$$U^{(k)} = \begin{cases} \left(T_{\text{обр}} T_{\text{пр}}\right)^m U^{(0)}, & k = 2m, \\ T_{\text{пр}} \left(T_{\text{обр}} T_{\text{пр}}\right)^m U^{(0)}, & k = 2m+1. \end{cases} \quad (16)$$

Общий случай задается параметризованной схемой с соотношением направлений p:q:

$$S_{p:q} = T_{\text{обр}}^q T_{\text{пр}}^p, \quad (17)$$

где p – число последовательных пересчетов от границы к «централям», а q – число пересчетов от «централей» к границе в пределах одного периода.

При $p = q = 1$ получаем симметричную схему $S_{(1:1)}$. При различных значениях p и q формируются параметризованные схемы с усилением одного из направлений пересчета узлов. Например,

$$S_{1:2} = T_{\text{обр}}^2 T_{\text{пр}}, \quad (18)$$
$$S_{2:1} = T_{\text{обр}} T_{\text{пр}}^2, \quad (19)$$
$$S_{2:3} = T_{\text{обр}}^3 T_{\text{пр}}^2. \quad (20)$$

При заданном общем числе итераций k число полностью выполненных периодов равно $m = k/(p + q)$, а остаточное число пересчетов узлов определяется как $r = k – m(p + q)$. Тогда

$$U^{(k)} = \begin{cases} \left(S_{p:q}\right)^m U^{(0)}, & r = 0, \\ T_{\text{пр}}^r \left(S_{p:q}\right)^m U^{(0)}, & 0 < r \le p, \\ T_{\text{обр}}^{r-p} T_{\text{пр}}^r \left(S_{p:q}\right)^m U^{(0)}, & p < r < p+q. \end{cases} \quad (21)$$

Такая запись сохраняет определение итерации как одного полного пересчета расчетной области, а параметры p и q задают соотношение направлений. Для сравнения используются схемы $S_{\text{пр}}$, $S_{1:1}$, $S_{1:2}$, $S_{2:1}$, $S_{2:3}$, что позволяет оценить влияние чередования направлений на динамику ошибки и пространственную локализацию отклонений.

Метрики оценки ошибки и ее пространственной неравномерности

Для сравнения рассматриваемых итерационных схем оцениваются не только средние и максимальные значения ошибки, но и ее распределение по расчетной области. Это необходимо, поскольку направленный порядок пересчета узлов может по-разному влиять на локальные отклонения в отдельных частях сетки.

Пусть $u^*(x, y)$ – точное решение краевой задачи, а $u_{i,j}^{(k)}$ – численное значение сеточной функции в узле (x_i, y_j) после k-й итерации. Тогда локальная абсолютная ошибка имеет вид:

$$\varepsilon_{i,j}^{(k)} = \left| u_{i,j}^{(k)} - u^*\left(x_i, y_j\right) \right|, \quad (i,j) \in \Omega_h. \quad (22)$$

Здесь Ω_h – множество узлов расчетной сетки. Далее ошибка оценивается по внутренним узлам:

$$\Omega_h^\circ = \{(i,j): i = 1, \ldots, N-1, \quad j = 1, \ldots, M-1\},$$

число которых равно $V = (N – 1)(M – 1)$. Средняя абсолютная ошибка задается формулой:

$$\bar{\varepsilon}^{(k)} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{M-1} \varepsilon_{i,i}^{(k)}. \quad (23)$$

Относительная средняя ошибка имеет вид:

$$\delta^{(k)} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{M-1} \left| \frac{\varepsilon_{i,i}^{(k)}}{u^*\left(x_i, y_j\right)} \right| \cdot 100\%. \quad (24)$$

Максимальная ошибка имеет вид:

$$\varepsilon_{\max}^{(k)} = \max_{\substack{1\le i\le N-1\\ 1\le j\le M-1}} \varepsilon_{i,j}^{(k)}.$$

Для оценки разброса локальных ошибок используется дисперсия:

$$D_{\varepsilon}^{(k)} = \frac{1}{V}\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=1}^{M-1}\left(\varepsilon_{i,i}^{(k)} - \overline{\varepsilon}^{(k)}\right)^2 \qquad (25)$$

и среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma_{\varepsilon}^{(k)} = \sqrt{D_{\varepsilon}^{(k)}}. \qquad (26)$$

Для характеристики распределения ошибок относительно среднего значения вводится показатель:

$$P_{\varepsilon}^{(k)} = \frac{1}{V}\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=1}^{M-1}\chi_{i,i}^{(k)}, \qquad (27)$$

где

$$\chi_{i,j}^{(k)} = \begin{cases} 1, & \varepsilon_{i,j}^{(k)} > \overline{\varepsilon}^{(k)}, \\ 0, & \varepsilon_{i,j}^{(k)} \le \overline{\varepsilon}^{(k)}. \end{cases} \qquad (28)$$

Показатель $P_{\varepsilon}^{(k)}$ характеризует долю внутренних узлов, где локальная абсолютная ошибка превышает среднее значение. Значения, заметно меньшие 0,5, могут указывать на концентрацию повышенных отклонений в ограниченной части расчетной области, тогда как приближение к 0,5 соответствует более сопоставимому распределению узлов с ошибкой выше и ниже среднего значения.

Результаты вычислительных экспериментов

Вычислительные эксперименты проведены для краевых задач, описываемых уравнениями Лапласа и Пуассона, с известными аналитическими решениями [2; 6; 8]. Конечно-разностная аппроксимация и итерационный пересчет сеточной функции выполнялись на основе общих принципов построения разностных схем [1]. Наличие точного решения позволяет сопоставлять численные значения с эталонными значениями в узлах сетки и оценивать рассматриваемые схемы по величине ошибки и характеру ее распределения в расчетной области.

Для уравнения Лапласа рассматривалась задача:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

в квадратной области:

$$\Omega = \{(x, y): 0 \le x \le 1, \quad 0 \le y \le 1\}.$$

Краевые условия Дирихле имели вид:

$$u(0, y) = sin(\pi y), \quad u(1, y) = 0,$$
$$u(x, 0) = sin(\pi x), \quad u(x, 1) = 0.$$

Точное решение задавалось функцией:

$$u^*(x, y) = \frac{\sinh \pi(1-x)}{\sinh \pi}\sin(\pi y) + \frac{\sinh \pi(1-y)}{\sinh \pi}\sin(\pi x).$$

Для уравнения Пуассона рассматривалась задача:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -2$$

в прямоугольной области:

$$\Omega = \{(x, y): 0 \le x \le 2, \quad 0 \le y \le 2\}.$$

На границе области задавались нулевые краевые условия Дирихле: $u(x, y)|_{\Gamma} = 0$.

Точное решение задавалось рядом:

$$u^*(x, y) = \frac{32}{\pi^3}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{(2n+1)^3}\left[1 - \frac{\cosh\left(\frac{\pi(2n+1)}{2}(1-y)\right)}{\cosh\left(\frac{\pi(2n+1)}{2}\right)}\right]\sin\left(\frac{\pi(2n+1)}{2}x\right).$$

Таблица 1. Сравнение итерационных схем для уравнения Лапласа после 10^5 итераций

Схема	$\delta^{(k)}$,%	$\bar{\varepsilon}^{(k)}$	$\varepsilon_{max}^{(k)}$	$\sigma_\varepsilon^{(k)}$	$P_\varepsilon^{(k)}$
$S_З$	0,604418	0,001243	0,003054	0,000893	0,456207
$S_{пр}$	0,602420	0,001241	0,003039	0,00089	0,456689
$S_{1:1}$	0,601888	0,001241	0,003052	0,000892	0,456119
$S_{1:2}$	0,600479	0,001239	0,00305	0,000891	0,456002
$S_{2:1}$	0,602347	0,001242	0,00305	0,000892	0,456303
$S_{3:2}$	0,600754	0,001239	0,003049	0,000891	0,456058

Таблица 2. Сравнение итерационных схем для уравнения Пуассона после 10^5 итераций

Схема	$\delta^{(k)}$,%	$\bar{\varepsilon}^{(k)}$	$\varepsilon_{max}^{(k)}$	$\sigma_\varepsilon^{(k)}$	$P_\varepsilon^{(k)}$
$S_З$	1,609841	0,005045	0,012399	0,003624	0,456143
$S_{пр}$	1,61144	0,005045	0,012355	0,003617	0,456725
$S_{1:1}$	1,615387	0,005063	0,012449	0,003637	0,45605
$S_{1:2}$	1,613698	0,005039	0,012454	0,003637	0,45597
$S_{2:1}$	1,614755	0,005059	0,012424	0,003632	0,456307
$S_{3:2}$	1,613694	0,005059	0,012445	0,003635	0,456002

Таблица 3. Сравнение итерационных схем для уравнения Пуассона после 10^4 итераций

Схема	$\delta^{(k)}$,%	$\bar{\varepsilon}^{(k)}$	$\varepsilon_{max}^{(k)}$	$\sigma_\varepsilon^{(k)}$	$P_\varepsilon^{(k)}$
$S_З$	57,457199	0,177698	0,421916	0,124416	0,463078
$S_{пр}$	57,508018	0,177706	0,420791	0,124232	0,463424
$S_{1:1}$	57,47048	0,177747	0,42218	0,124465	0,463103
$S_{1:2}$	57,446278	0,177721	0,422471	0,124507	0,462974
$S_{2:1}$	57,480007	0,177726	0,42171	0,124384	0,463167
$S_{3:2}$	57,457133	0,177733	0,422332	0,124489	0,463038

В расчетах ряд для точного решения уравнения Пуассона усекался до конечного числа членов, достаточного для получения эталонных значений в узлах сетки.

Для обеих задач численное решение $u_{i,j}^{(k)}$ сравнивалось с $u^*(x_i, y_j)$, после чего рассчитывались средняя абсолютная $\bar{\varepsilon}^{(k)}$ (23) и относительная $\delta^{(k)}$ (24) ошибки, максимальная ошибка $\varepsilon_{max}^{(k)}$, среднеквадратическое отклонение $\sigma_\varepsilon^{(k)}$ (26) и показатель $P_\varepsilon^{(k)}$ (27).

При безразмерной постановке задачи величины $\bar{\varepsilon}^{(k)}$, $\varepsilon_{max}^{(k)}$ и $\sigma_\varepsilon^{(k)}$ также являются безразмерными. В общем случае они имеют размерность искомой функции $u(x, y)$. Относительная средняя ошибка $\sigma_\varepsilon^{(k)}$ выражается в процентах, а коэффициент $P_\varepsilon^{(k)}$ является безразмерной величиной.

В рамках вычислительного эксперимента для сопоставления рассматриваемых итерационных схем использовалась расчетная сетка размером 501×501, а оценка показателей ошибки выполнялась после 10^5 итераций. Для уравнения Пуассона дополнительно был рассмотрен случай после 10^4 итераций.

Дополнительно результаты сопоставлялись с классическим итерационным методом Зейде-

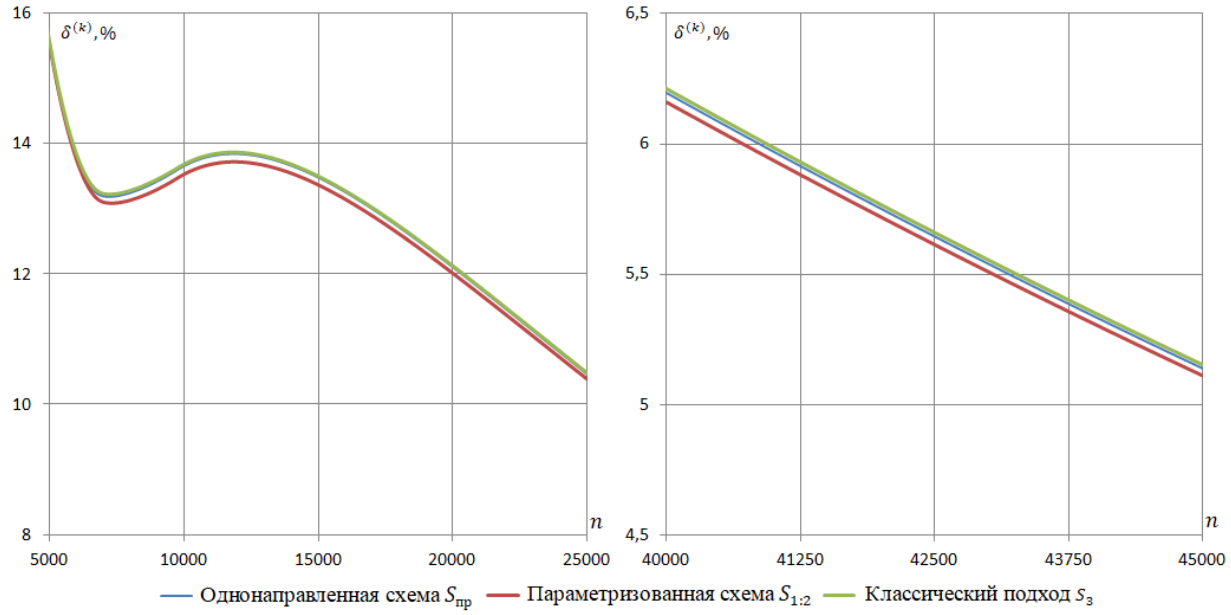

Рис. 1. Сравнение динамики относительной ошибки при различных вариантах пересчета узлов

ля $S_З$, применяемым к сеточной задаче, возникающей при конечно-разностной аппроксимации эллиптических уравнений Лапласа и Пуассона. В этом варианте значения во внутренних узлах последовательно пересчитываются в фиксированном порядке, без разбиения расчетной области и чередования направлений.

Полученные результаты показывают, что изменение направления пересчета узлов влияет на величину ошибки без изменения конечно-разностной формулы. Для уравнения Лапласа после 10^5 итераций по относительной ошибке выигрывает схема $S_{1:2}$, тогда как классический вариант $S_З$ дает несколько большее значение. Для уравнения Пуассона направленные схемы дают неоднозначный результат. После 10^5 итераций по средней относительной ошибке выигрывает $S_{пр}$, тогда как схемы с чередованием направлений немного уступают классическому варианту $S_З$, однако показывают более равномерное распределение локальных отклонений по показателю $P_\varepsilon^{(k)}$. После 10^4 итераций по средней относительной ошибке выигрывает $S_{1:2}$, что указывает на преимущество такого соотношения направлений на промежуточном этапе вычислений.

Сопоставление с $S_З$ показывает, что направленные схемы не всегда дают меньшую среднюю ошибку при одинаковом числе итераций. Однако их вычислительное преимущество связано с параллельным пересчетом декомпозированных подобластей. По времени выполнения получено ускорение более чем в 3,5 раза по сравнению с классическим подходом. Например, за одну минуту для $S_З$ выполняется около 46000 итераций, тогда как для параметризованных схем $S_{p:q}$ – в среднем около 163000.

В результате проведенного исследования рассмотрен подход к конечно-разностному решению краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона, основанный на направленном пересчете узлов и чередовании направлений пересчета. Показано, что изменение соотношения $T_{пр}$ и $T_{обр}$ влияет на итерационный пересчет сеточной функции, величину ошибки и характер ее распределения в расчетной области.

Полученные результаты подтверждают, что при выборе вычислительной схемы следует учитывать не только средние и максимальные показатели ошибки, но и пространственную локализацию отклонений. Рассмотренные схемы $S_{p:q}$ позволяют сопоставлять различные варианты направленного пересчета узлов и оценивать их влияние на распределение ошибки.

Перспективным направлением дальнейших исследований является проверка применимости параметризованных схем к более широкому классу дифференциальных уравнений, в том числе к моделям с нелинейными зависимостями, нестационарной постановкой и дисперсионными эффектами.

Литература

1. Самарский, А.А. Теория разностных схем / А.А. Самарский. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 616 с.

2. Волков, Е.А. О локальном сеточном методе решения уравнения Лапласа в бесконечном прямоугольном цилиндре / Е.А. Волков // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2012. – Т. 52. – № 1. – С. 97–104.

3. Гордин, В.А. Компактные разностные схемы для аппроксимации дифференциальных соотношений / В.А. Гордин // Математическое моделирование. – 2019. – Т. 31. – № 7. – С. 58–74.

4. Гордин, В.А. Эллиптические уравнения с разрывным коэффициентом. Компактная разностная схема для сложной границы сред / В.А. Гордин, Д.А. Шардин // Современные проблемы математического моделирования : сборник трудов XVIII Всероссийской конференции школы молодых исследователей (пос. Абрау-Дюрсо, 16–21 сентября 2019 г.) / отв. ред. Г.В. Муратова, И.Н. Шабас ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. – С. 53–57.

5. Гордин, В.А. Компактная аппроксимация двумерной краевой задачи для эллиптических уравнений второго порядка с разрывными коэффициентами / В.А. Гордин, Д.А. Шардин // Математическое моделирование. – 2023. – Т. 35. – № 4. – С. 88–109.

6. Беляев, В.А. Решение уравнения Пуассона с особенностями методом коллокации и наименьших квадратов / В.А. Беляев // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 249–263.

7. Брындин, Л.С. Коллокационные методы с полиномами четвертой степени на треугольных сетках и их применение для расчета изгиба круглых пластин с отверстиями / Л.С. Брындин, В.А. Беляев // Труды института математики и механики УрО РАН. – 2024. – Т. 30. – № 1. – С. 43–60.

8. Юлдашев, О.И. Граничный метод взвешенных невязок с разрывными базисными функциями для высокоточного решения линейных краевых задач с уравнениями Лапласа и Пуассона / О.И. Юлдашев, М.Б. Юлдашева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. – 2013. – № 4. – С. 143–153.

9. Злотник, А.А. Быстрые Фурье-солверы для МКЭ высокого порядка с тензорными произведениями для уравнения типа Пуассона / А.А. Злотник, И.А. Злотник // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2020. – Т. 60. – № 2. – С. 234–252.

10. Волков, В.М. Итерационная реализация спектрального метода Чебышева для двумерных эллиптических уравнений с переменными коэффициентами / В.М. Волков, Е.И. Качаловская // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2023. – № 3. – С. 53–62.

11. Павельчук, А.В. Модифицированная конечно-разностная схема для решения одного класса задач «конвекции – реакции – диффузии» / А.В. Павельчук, А.Г. Масловская // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2021. – № 93. – С. 7–14.

12. Абдулкадиров, Р.И. Решение уравнения Пуассона с помощью физико-информированной нейронной сети с натуральным градиентным спуском с распределением Дирихле / Р.И. Абдулкадиров, П.А. Ляхов, Н.Н. Нагорнов // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 10(106). – С. 306–318.

13. Галабурдин, А.В. Применение нейронных сетей для решения задачи Дирихле для областей сложной формы / А.В. Галабурдин // Computational Mathematics and Information Technologies. – 2024. – Т. 8. – № 2. – С. 68–79.

14. Байбурин, В.Б. Математические модели новых физических эффектов в скрещенных полях и их практические приложения : монография / В.Б. Байбурин, А.С. Розов, А.А. Губенков, А.С. Ершов, Н.Ю. Хороводова, Н.В. Беспалова. – Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2020. – 88 с.

15. Володов, Н.Д. Модификация быстрого численного решения уравнений эллиптического типа / Н.Д. Володов, М.А. Катаржин, В.Б. Байбурин // Математические методы в технике и технологиях. Научный журнал. – 2024. – № 1. – С. 5–14.

16. Володов, Н.Д. Fundamentals of the accelerated numerical solution of differential equations / Н.Д. Володов // Современные направления в истории, культуре, науке и технике : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 4–5 июня 2025 года. – Саратов : КУБиК, 2025. – С. 309–314.

References

1. Samarskij, A.A. Teoriya raznostnykh skhem / A.A. Samarskij. – M. : Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1989. – 616 s.

2. Volkov, E.A. O lokalnom setochnom metode resheniya uravneniya Laplasa v beskonechnom pryamougolnom tsilindre / E.A. Volkov // ZHurnal vychislitelnoj matematiki i matematicheskoj fiziki. – 2012. – T. 52. – № 1. – S. 97–104.

3. Gordin, V.A. Kompaktnye raznostnye skhemy dlya approksimatsii differentsialnykh sootnoshenij / V.A. Gordin // Matematicheskoe modelirovanie. – 2019. – T. 31. – № 7. – S. 58–74.

4. Gordin, V.A. Ellipticheskie uravneniya s razryvnym koeffitsientom. Kompaktnaya raznostnaya skhema dlya slozhnoj granitsy sred / V.A. Gordin, D.A. SHardin // Sovremennye problemy matematicheskogo modelirovaniya : sbornik trudov XVIII Vserossijskoj konferentsii shkoly molodykh issledovatelej (pos. Abrau-Dyurso, 16–21 sentyabrya 2019 g.) / otv. red. G.V. Muratova, I.N. SHabas ; YUzhnij federalnij universitet. – Rostov-na-Donu ; Taganrog : Izdatelstvo YUzhnogo federalnogo universiteta, 2019. – S. 53–57.

5. Gordin, V.A. Kompaktnaya approksimatsiya dvumernoj kraevoj zadachi dlya ellipticheskikh uravnenij vtorogo poryadka s razryvnymi koeffitsientami / V.A. Gordin, D.A. SHardin // Matematicheskoe modelirovanie. – 2023. – T. 35. – № 4. – S. 88–109.

6. Belyaev, V.A. Reshenie uravneniya Puassona s osobennostyami metodom kollokatsii i naimenshikh kvadratov / V.A. Belyaev // Sibirskij zhurnal vychislitelnoj matematiki. – 2020. – T. 23. – № 3. – S. 249–263.

7. Bryndin, L.S. Kollokatsionnye metody s polinomami chetvertoj stepeni na treugolnykh setkakh i ikh primenenie dlya rascheta izgiba kruglykh plastin s otverstiyami / L.S. Bryndin, V.A. Belyaev // Trudy instituta matematiki i mekhaniki UrO RAN. – 2024. – T. 30. – № 1. –

S. 43–60.

8. YUldashev, O.I. Granichnij metod vzveshennykh nevyazok s razryvnymi bazisnymi funktsiyami dlya vysokotochnogo resheniya linejnykh kraevykh zadach s uravneniyami Laplasa i Puassona / O.I. YUldashev, M.B. YUldasheva // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Matematika, informatika, fizika. – 2013. – № 4. – S. 143–153.

9. Zlotnik, A.A. Bystrye Fure-solvery dlya MKE vysokogo poryadka s tenzornymi proizvedeniyami dlya uravneniya tipa Puassona / A.A. Zlotnik, I.A. Zlotnik // ZHurnal vychislitelnoj matematiki i matematicheskoj fiziki. – 2020. – T. 60. – № 2. – S. 234–252.

10. Volkov, V.M. Iteratsionnaya realizatsiya spektralnogo metoda CHebysheva dlya dvumernykh ellipticheskikh uravnenij s peremennymi koeffitsientami / V.M. Volkov, E.I. Kachalovskaya // ZHurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika. Informatika. – 2023. – № 3. – S. 53–62.

11. Pavelchuk, A.V. Modifitsirovannaya konechno-raznostnaya skhema dlya resheniya odnogo klassa zadach «konvektsii – reaktsii – diffuzii» / A.V. Pavelchuk, A.G. Maslovskaya // Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i ekonomicheskie nauki. – 2021. – № 93. – S. 7–14.

12. Abdulkadirov, R.I. Reshenie uravneniya Puassona s pomoshchyu fiziko-informirovannoj nejronnoj seti s naturalnym gradientnym spuskom s raspredeleniem Dirikhle / R.I. Abdulkadirov, P.A. Lyakhov, N.N. Nagornov // Inzhenernij vestnik Dona. – 2023. – № 10(106). –

S. 306–318.

13. Galaburdin, A.V. Primenenie nejronnykh setej dlya resheniya zadachi Dirikhle dlya oblastej slozhnoj formy / A.V. Galaburdin // Computational Mathematics and Information Technologies. – 2024. – T. 8. – № 2. – S. 68–79.

14. Bajburin, V.B. Matematicheskie modeli novykh fizicheskikh effektov v skreshchennykh polyakh i ikh prakticheskie prilozheniya : monografiya / V.B. Bajburin, A.S. Rozov, A.A. Gubenkov, A.S. Ershov,

N.YU. KHorovodova, N.V. Bespalova. – Saratov : Sarat. gos. tekhn. un-t, 2020. – 88 s.

15. Volodov, N.D. Modifikatsiya bystrogo chislennogo resheniya uravnenij ellipticheskogo tipa / N.D. Volodov, M.A. Katarzhin, V.B. Bajburin // Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh. Nauchnij zhurnal. – 2024. – № 1. – S. 5–14.

16. Volodov, N.D. Fundamentals of the accelerated numerical solution of differential equations / N.D. Volodov // Sovremennye napravleniya v istorii, kulture, nauke i tekhnike : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, 4–5 iyunya 2025 goda. – Saratov : KUBiK, 2025. – S. 309–314.

© Н.Д. Володов, Д.В. Кондратов, 2026

УДК 004

ОДНОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПРИОРИТЕТАМИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРИКЛАДНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

С.В. МАЛАХОВ, Д.М. ДАГАЕВ, А.В. ДОМАНИЦКИЙ, И.Д. ЛЫСОВ, Д.А. МИХАЛЬЧУК

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова и фразы: теория массового обслуживания; одноканальная система массового обслуживания; приоритетная дисциплина; невытесняющий приоритет; коэффициент загрузки; среднее время ожидания; *M*/*M*/1; *QoS*.

Аннотация: Цель данной работы рассмотреть одноканальную систему массового обслуживания (**СМО**) с невытесняющим приоритетом, ориентированную на современные информационные, телекоммуникационные и сервисные инфраструктуры. Задачи: описать структуру системы, условия устойчивости и ключевые показатели эффективности (среднее время ожидания, длина очереди, коэффициент загрузки). Выполнен анализ поведения потоков различного приоритета при изменении интенсивности и загрузки. Гипотеза данного исследования заключается в том, что введение приоритетов перераспределяет время ожидания между классами: ускорение высокоприоритетных заявок достигается за счет ухудшения характеристик обслуживания низкоприоритетных. Сформулированы инженерные рекомендации по проектированию приоритетных одноканальных систем массового обслуживания, обозначены границы применимости модели. Результаты применимы при проектировании вычислительных, логистических, медицинских и сервисных систем.

Введение

Современные вычислительные, телекоммуникационные, логистические и сервисные инфраструктуры функционируют в условиях конкуренции заявок за ограниченный ресурс. Даже когда обслуживающее устройство одно (процессорное ядро, канал связи, диспетчерская смена, диагностический пост, медицинская бригада), нагрузка остается неоднородной: часть запросов требует ускоренного обслуживания, другие допускают задержку. Поэтому классические модели очередей без различения важности заявок зачастую недостаточны [1; 2].

Теория массового обслуживания (**ТМО**) дает строгий аппарат анализа таких систем, позволяя количественно оценивать время ожидания, загрузку, вероятность простоя и длину очереди [3; 4]. В приоритетных моделях добавляется отдельный аспект: баланс между гарантированным ускорением критичного класса заявок и риском «голодания» фонового класса [5; 6]. Тематика приоритетных СМО актуальна для систем реального времени, многоклассовых сетей с разными профилями *QoS*, контакт-центров, медицинских *triage*-систем, производственных линий и облачных платформ с дифференцированными *SLA* [7; 8].

Цель работы дать прикладно-ориентированное изложение принципов одноканальной СМО с невытесняющим приоритетом, без программных листингов, с акцентом на аналитические оценки и инженерные выводы.

Материалы и методы

Основу методологии составили аналитические соотношения для системы типа *M*/*G*/1 с невытесняющим приоритетом [3; 9], в частности обобщение формулы Полячека – Хинчи-

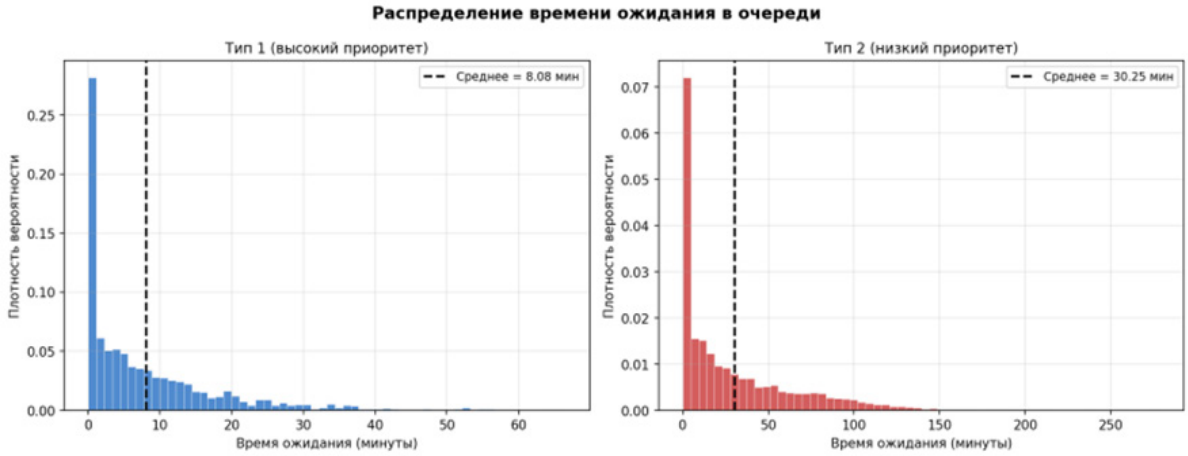

Рис. 1. Гистограммы распределения времени ожидания по классам

на и закон Литтла [4]. Для верификации проведено имитационное моделирование на базе *SimPy* [10]. Параметры модели: интенсивности входных потоков двух классов λ_1 и λ_2; интенсивность обслуживания μ; невытесняющая дисциплина выбора заявок из очереди; неограниченный буфер. Аналитические выкладки сопоставлены с результатами 10^5 имитационных прогонов.

Одноканальная система включает входной поток, очередь, обслуживающий прибор и дисциплину выбора. Коэффициент загрузки канала $\rho = \lambda/\mu$, условие устойчивости стационарной системы $\rho < 1$ [3, с. 17]. При $\rho \geq 1$ длина очереди в среднем растет без ограничения. Базовые показатели эффективности: Wq, W (среднее время ожидания и пребывания), Lq, L (средние длины очереди и числа заявок), P_0 (вероятность простоя), ρ (доля времени, когда канал занят). Закон Литтла: $Lq = \lambda \cdot Wq$, $L = \lambda \cdot W$ [4, с. 74]; в приоритетных системах он сохраняет силу для каждого класса при корректном определении интенсивности и времени ожидания [4, с. 79].

Рассматриваются два класса заявок: класс 1 (высокий приоритет) и класс 2 (низкий). Существуют две дисциплины: вытесняющий (абсолютный) приоритет, при котором приход высокоприоритетной заявки прерывает текущее обслуживание, и невытесняющий (относительный), при котором текущая заявка обслуживается до конца, но из очереди следующей выбирается заявка наибольшего приоритета.

В прикладных системах невытесняющий режим часто предпочтителен: он проще в реализации и снижает управленческую сложность [1, с. 133; 5, с. 285; 11].

Результаты

Рассмотрим систему с двумя независимыми пуассоновскими потоками интенсивностей λ_1 и λ_2; суммарная интенсивность $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$. Парциальные коэффициенты загрузки: $\rho_1 = \lambda_1/\mu$, $\rho_2 = \lambda_2/\mu$, $\rho = \rho_1 + \rho_2$. Стабильность системы сохраняется при $\rho < 1$, однако даже при выполнении этого условия низкоприоритетный класс может испытывать выраженное ухудшение задержек, если доля высокоприоритетного трафика велика [3, с. 190]. Для модели $M/G/1$ с невытесняющим приоритетом средние задержки определяются вторым моментом времени обслуживания и структурой парциальных нагрузок. В частном случае $M/M/1$: время ожидания высокоприоритетных заявок растет умеренно, пока ρ_1 далек от единицы; ожидание низкоприоритетных заявок растет быстрее, поскольку им «уступает дорогу» весь высокоприоритетный поток; при приближении суммарной нагрузки к единице оба ожидания резко возрастают, причем для низкого приоритета рост круче. Приоритеты перераспределяют задержки, но не устраняют эффект перегрузки [5, с. 205; 11].

Численный эксперимент: приняты параметры $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = 4$, $\mu = 8$ заявок/ч; суммарная загрузка $\rho = 0{,}75$ – устойчивый, но напряженный режим, в котором приоритетный эффект выражен отчетливо [3, с. 43]. Результаты имитационного моделирования (10^5 прогонов) представлены на рис. 1–5.

Высокий приоритет получает преимуще-

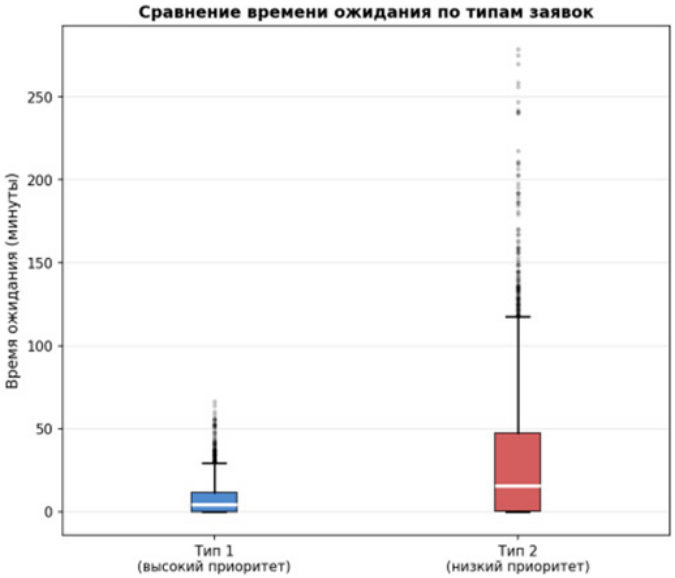

Рис. 2. Диаграмма сравнения времени ожидания

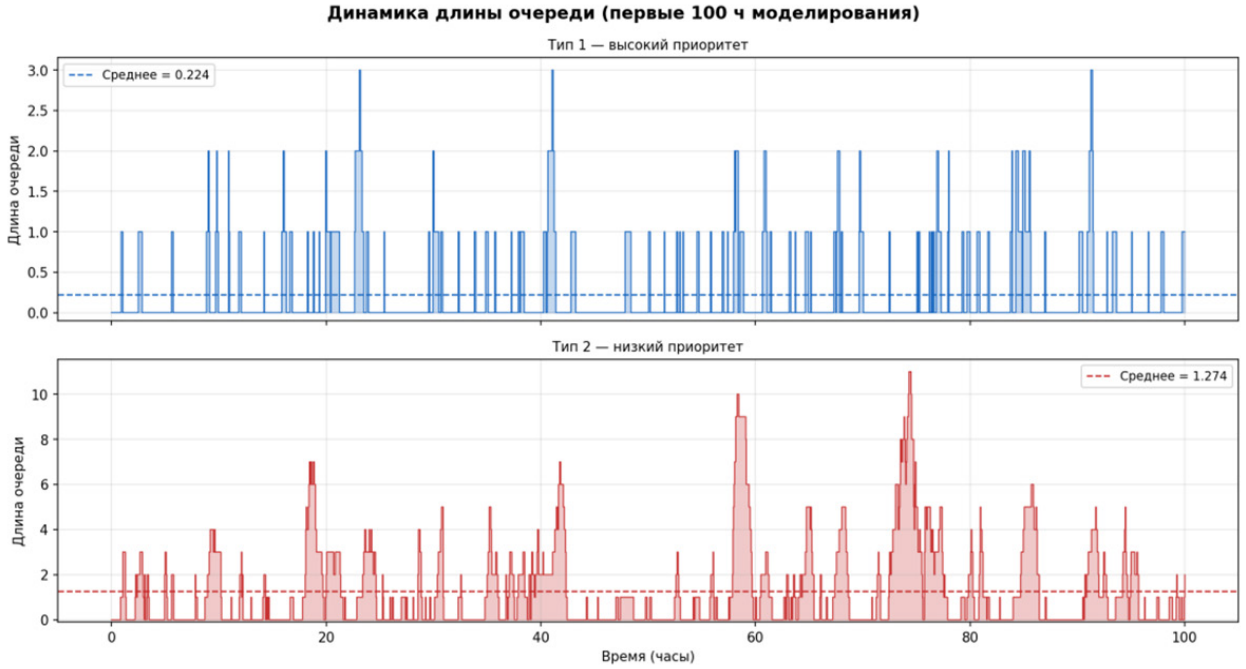

Рис. 3. Динамика длины очереди по классам заявок

ственный доступ к освобождающемуся каналу, поэтому его среднее ожидание заметно ниже, чем у низкого класса (рис. 1). Однако преимущество не означает нулевую задержку: заявка может застать канал занятым и дожидаться завершения текущего обслуживания. Невытесняющий приоритет обеспечивает «мягкую гарантию» ускорения, но не мгновенную реакцию.

Низкоприоритетные заявки обслуживаются по остаточному принципу: каждый новый высокоприоритетный запрос отодвигает их старт. Это увеличивает и среднее ожидание, и его дисперсию. Особенно важен правый хвост распределения: даже при приемлемом среднем значении часть заявок может ждать существенно дольше нормативного порога (рис. 2).

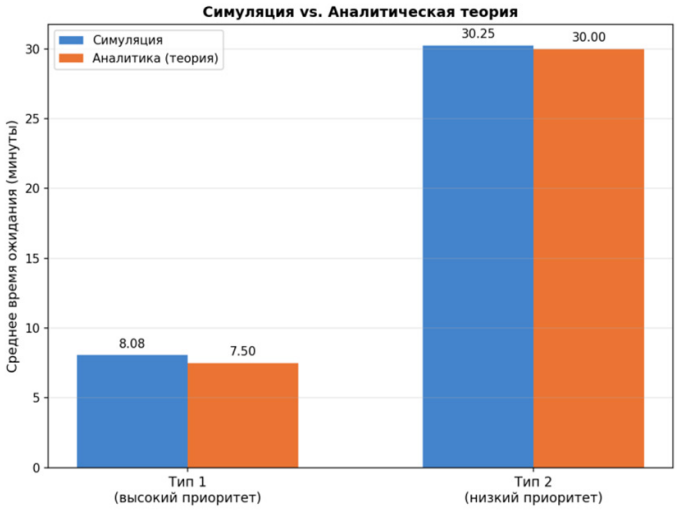

Рис. 4. Сопоставление аналитических и имитационных оценок

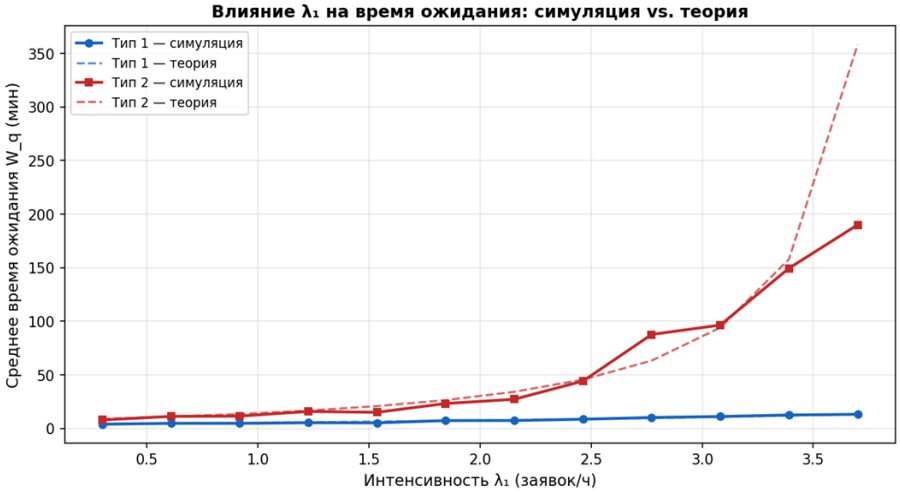

Рис. 5. Анализ чувствительности по интенсивности высокоприоритетного потока

Загрузка канала в устойчивом режиме определяется суммарным входным потоком и близка к ρ; вероятность простоя в простейшей интерпретации связана с (1 – ρ), хотя в реальных системах на нее влияют нестационарность и технологические паузы [4, с. 112; 5, с. 91]. Динамика длины очереди по двум классам приведена на рис. 3.

Введение приоритетов почти не изменяет среднюю загрузку канала, оно меняет структуру задержек между классами. Расхождение аналитических и имитационных оценок не превышает 3–5 % в стационарном режиме (рис. 4), что подтверждает корректность модели.

Анализ чувствительности (рис. 5): при фиксированном ρ рост λ_1 ухудшает обслуживание типа 2 сильнее, чем типа 1; ускорение канала (рост μ) выигрышно для обоих классов, но низкоприоритетный выигрывает сильнее в относительных величинах; при чрезмерной доле высокого приоритета система фактически становится «почти моноклассной» для типа 1, а тип 2 получает длительные паузы доступа.

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с классическими положениями теории приоритетных очередей [3; 9] и современными работами по анализу *SLA*-систем. Невытесняющий

режим естественно применяется в планировщиках задач (атомарные транзакции, ввод-вывод, управляющие потоки), в контакт-центрах для ускорения реакции на критические инциденты, в *triage*-системах, где текущая процедура не может быть безопасно прервана, и в сетях передачи данных для снижения задержек чувствительного трафика [8]. Без квот на долю высокоприоритетных обращений возникает «инфляция приоритета» и деградация фонового обслуживания.

Ограничения модели [4; 5; 7]:

– стационарность потока (на практике интенсивность колеблется по времени и событиям);

– независимость заявок (возможны пакетные поступления и коррелированные всплески);

– одинаковая природа обслуживания для классов;

– неограниченная очередь (при конечном буфере появляются отказы и вероятность потерь);

– одноканальность.

Выводы модели следует рассматривать как методическую опору и предварительную оценку, а не окончательный прогноз без валидации на реальных данных [5, с. 402].

Рекомендации по проектированию

Целесообразно:

– сформулировать формальные правила классификации приоритетов;

– отдельно измерять λ_1 и λ_2, мониторя динамику долей;

– проектировать систему с операционным резервом, а не на грани $\rho = 1$;

– задавать *SLA* для каждого класса не только по среднему, но и по квантилям и проценту нарушений;

– ограничивать «инфляцию приоритета» квотами и аудитом эскалаций;

– регулярно переоценивать параметры по фактической статистике;

– применять механизмы защиты низкоприоритетного класса от голодания (квоты, *aging*, верхние лимиты времени ожидания) [5, с. 336].

Выводы

Одноканальная СМО с невытесняющим приоритетом – эффективный инструмент анализа систем, где заявки различаются по критичности; невытесняющий режим обеспечивает компромисс между ускорением критичных заявок и технологической простотой реализации.

Приоритеты не «создают» дополнительную производительность, а перераспределяют время ожидания между классами; качество проекта определяется тем, насколько контролируемо ухудшается низкий приоритет.

Расхождение аналитических и имитационных оценок не превышает 3–5 % в стационарном режиме при $\rho = 0{,}75$, что подтверждает применимость модели $M/M/1$ с невытесняющим приоритетом для предварительной инженерной оценки.

Полученные результаты применимы при проектировании вычислительных, логистических, медицинских и сервисных инфраструктур; принципы сохраняют актуальность при расширении на многоканальные, нестационарные и многоуровневые конфигурации.

Литература

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : 5-е изд. / Е.С. Вентцель. – М. : КноРус, 2021. – 192 с.

2. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания : 6-е изд. / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М. : ЛЕНАНД, 2022. – 400 с.

3. Kleinrock, L. Queueing Systems. Vol. 1: Theory / L. Kleinrock. – New York : Wiley-Interscience, 1975. – 417 p.

4. Gross, D. Fundamentals of Queueing Theory : 5th ed. / D. Gross, J.F. Shortle, J.M. Thompson, C.M. Harris. – Hoboken : Wiley, 2018. – 600 p.

5. Harchol-Balter, M. Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action / M. Harchol-Balter. – Cambridge : Cambridge University Press, 2013. – 576 p.

6. Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания : 2-е изд. / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – М. : РУДН, 2019. – 529 с.

7. Bolch, G. Queueing Networks and Markov Chains : 2nd ed. / G. Bolch, S. Greiner, H. de Meer,

K.S. Trivedi. – Hoboken : Wiley, 2006. – 865 p.

8. Назаров, А.А. Методы асимптотического анализа в теории массового обслуживания / А.А. Назаров, С.П. Моисеева. – Томск : Изд-во НТЛ, 2020. – 112 с.

9. Takagi, H. Queueing Analysis: A Foundation of Performance Evaluation. Vol. 1: Vacation and Priority Systems / H. Takagi. – Amsterdam : North-Holland, 1991. – 504 p.

10. SimPy: Discrete event simulation for Python [Electronic resource]. – Access mode : https://simpy.readthedocs.io.

11. Cooper R.B. Introduction to Queueing Theory : 2nd ed. / R.B. Cooper. – Amsterdam : North-Holland, 1981. – 181 p.

References

1. Venttsel, E.S. Issledovanie operatsij: zadachi, printsipy, metodologiya : 5-e izd. / E.S. Venttsel. – M. : KnoRus, 2021. – 192 s.

2. Gnedenko, B.V. Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya : 6-e izd. / B.V. Gnedenko, I.N. Kovalenko. – M. : LENAND, 2022. – 400 s.

6. Bocharov, P.P. Teoriya massovogo obsluzhivaniya : 2-e izd. / P.P. Bocharov, A.V. Pechinkin. – M. : RUDN, 2019. – 529 s.

8. Nazarov, A.A. Metody asimptoticheskogo analiza v teorii massovogo obsluzhivaniya / A.A. Nazarov, S.P. Moiseeva. – Tomsk : Izd-vo NTL, 2020. – 112 s.

© С.В. Малахов, Д.М. Дагаев, А.В. Доманицкий, И.Д. Лысов, Д.А. Михальчук, 2026

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА WASPAS

Д.О. ЧИЧЕРОВ, С.В. КОВАЛЕВ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», г. Тамбов

Ключевые слова и фразы: агрегация данных; многокритериальная оптимизация; системный анализ.

Аннотация: В данной работе представлена разработка проблемно-ориентированной системы поддержки принятия управленческих решений на основе гибридного алгоритма многокритериальной оптимизации на основе метода *WASPAS*. Предложенная модель осуществляет поиск оптимального решения на основе предыдущих данных и позволяет прогнозировать оптимальную стратегию управленческих решений в различных сферах человеческой деятельности благодаря ее гибкости и адаптивности к внешней среде за счет накопленных данных об управляемой системе. Приведены полная формализация предложенной модели и пример ее использования на реальных данных с дальнейшим анализом результатов с помощью набора метрик.

Гипотезой исследования является идея повышения скорости принятия решений путем внедрения соответствующей математической модели, оптимизирующей процесс принятия решений. Целью данной работы является создание математической модели для оптимизации распределения заданий между производственными бригадами на основе гибридного алгоритма *WASPAS*. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– оценка существующих решений;

– теоретическое обоснование необходимости оптимизации процесса распределения заданий между автономными производственными единицами (бригадами);

– формализация задачи и предложенной математической модели;

– разработка системы поддержки принятия решений (**СППР**) на основе предложенной модели и ее внедрение в реальные производственные процессы.

В качестве объекта исследования были выбраны методы и алгоритмы поддержки при принятии управленческих решений в технических системах. Предметом исследования является разработка проблемно-ориентированной системы поддержки принятия управленческих решений с целью оптимизации выбора лучшей альтернативы на основе имеющихся критериев и основанной на гибридном алгоритме, объединяющем многокритериальную оптимизацию и прогнозирование временных рядов. Актуальность данной работы подтверждена необходимостью внедрения новых методов и инструментов на их основе в организацию МБУ «Дирекция городского хозяйства» города Тамбова для оптимизации управленческих процессов с целью уменьшения временных затрат на планирование. Новизна работы заключается в адаптации *WASPAS* к динамическим условиям с помощью учета накопленного опыта в прошлом и возможности прогнозирования оптимальной стратегии управления в обозримом будущем.

Представленные результаты исследования были апробированы на реальных задачах в организации МБУ «Дирекция городского хозяйства» города Тамбова и получили положительную оценку.

Введение

Любую сложную систему необходимо рассматривать как совокупность элементов, объединенных связями и взаимодействующих между собой согласно определенным законам, что обуславливается структурой системы. Имея представление о составе и структуре системы, можно задать ее как формальное описание, так и математическую модель, с помощью которой можно изучить поведение системы в различных условиях. Такие подходы повсеместно применяются в самых различных областях человеческой деятельности.

Одним из таких примеров является оптимизация управленческих и производственных процессов в сложных структурах предприятий и организаций различного типа. Результатами такого рода оптимизации являются:

– минимизация финансовых, ресурсных и временных затрат на осуществление деятельности;

– достижение сбалансированной загрузки каждого автономного производственного звена (отдела организации, бригады и пр.);

– упрощение организационной структуры;

– увеличение скорости адаптации к новым условиям и внешним факторам;

– максимизация качества выполняемых работ.

Существует множество различных подходов для оптимизации управленческих и производственных процессов, однако наиболее широкий класс представляют собой методы многокритериальной оптимизации (*multiple-criteria decision-making*, ***MCDM***), позволяющие путем оценки m альтернатив по n критериям выбрать наилучшую в данных условиях альтернативу путем ранжирования последних. В данной статье показана формализация такого рода систем на примере задачи оптимального распределения заданий между производственными бригадами реально существующей организации МБУ «Дирекция городского хозяйства» города Тамбова, которая, в свою очередь, является объектом данного исследования.

Объектом исследования являются методы и алгоритмы поддержки при принятии управленческих решений в технических системах.

Предметом исследования является разработка проблемно-ориентированной системы управления и оптимизации, основанной на гибридном алгоритме, объединяющем многокритериальную оптимизацию и прогнозирование временных рядов.

Актуальность работы подтверждена необходимостью внедрения новых инструментов в организацию МБУ «Дирекция городского хозяйства» города Тамбова для оптимизации управленческих процессов с целью уменьшения временных затрат на планирование.

Новизна работы заключается в адаптации *WASPAS* к динамическим условиям с помощью учета накопленного опыта в прошлом и возможности прогнозирования оптимальной стратегии управления в обозримом будущем.

Существующие подходы к решению подобных задач

Необходимо отметить, что проблемы рационального распределения заданий как обширная часть класса задач многокритериальной оптимизации изучались многими исследователями. Так, Т.А. Мурзаев и Е.С. Подоплелова провели сравнительный анализ подобных методов на простейшем примере задачи ранжирования [1], что может существенно облегчить выбор алгоритма, однако в данной работе не учтен стохастический характер модели, что с течением времени может существенно повлиять на точность полученных данных в течение времени $T > 0$. Следует отметить, что фактор изменчивости весовых коэффициентов с течением времени достаточно часто отсутствует во многих математических моделях многокритериальной оптимизации. Аналогичные исследования проводили в работах [2–5].

В работах [6–8] предлагаются интегрированные модели принятия решений на основе множества критериев. Предложенный метод хорошо работает на узком классе задач, однако в нем не учитываются возможные флуктуации и выбросы значений весовых коэффициентов, которые подвержены возможному изменению с течением времени.

В работе [9] авторы предлагают математическую модель, предназначенную для многокритериального выбора наилучшей альтернативы выбора различных моделей ноутбуков. В настоящем исследовании при выборе самого подходящего варианта приоритеты определялись с помощью метода *MEREC* (метод, основанный на эффектах удаления критериев), который является одним из объективных методов

взвешивания, а альтернативы были перечислены с использованием метода *WASPAS*. Предложенная модель хорошо подходит для класса задач многокритериальной оптимизации, где критерии оптимизации статичны во времени и не меняются. Для более сложных динамических систем такая модель может накапливать интегральную ошибку весовых коэффициентов с течением времени.

Аналогичный недостаток присутствует в работе [10], где авторы предложили модель принятия многокритериальных решений для исследования и оценки возможных дискретных альтернатив, оцениваемых с применением агрегированного метода *WSM* и *WPM*, а именно *WASPAS* на основе выбранных критериев.

В работах [11–14] авторы используют метод *WASPAS* для многокритериальной оптимизации околосоциальных систем, где существует проблема объективного выбора критериев, что существенно может повлиять на конечный результат. В подобных случаях следует методы многокритериальной оптимизации применять в совокупности с методами анализа больших данных для поиска таких весовых коэффициентов, которые наиболее объективно отражают истинное состояние рассматриваемой системы.

Проанализировав вышеуказанные источники, можно сделать вывод, что, несмотря на существование множества разнообразных методов многокритериальной оптимизации, имеющих свою специфику и которую необходимо учитывать на практике, часть из них не учитывают изменчивость влияющих значащих факторов, в то время как другие методы невозможно (либо затруднительно) использовать для оптимизации в условиях неопределенности.

Формализация задачи в общем виде

В данной работе предлагается модель оптимизации распределения заданий между мобильными автономными единицами (под мобильными автономными единицами подразумевается производственные бригады, сферой деятельности которых является обслуживание территории города) с учетом различных ограничений. Авторами рассматривается задача выбора наиболее оптимальной мобильной автонономной единицы для выполнения наиболее приоритетной задачи из имеющегося списка однотипных задач. Предложенная постановка задачи применяется для прогнозирования оптимальной стратегии в будущем для распределения мобильных автономных единиц.

Пусть имеется набор следующих данных.

1. U – множество всех возможных альтернатив (1):

$$U = (U_1, U_2, U_3, \dots, U_m), \quad m = |U|, \quad m \geq 2, \qquad (1)$$

где m – количество всех возможных альтернатив.

2. C – множество критериев (2), на основе которых ведется поиск наиболее оптимальной альтернативы:

$$C = (C_1, C_2, C_3, \dots, C_n), \quad n = |C|, \quad n \geq 2, \qquad (2)$$

где n – количество всех возможных критериев.

Сами по себе критерии относятся к одному из типов: максимизируемый C^{max} или минимизируемый C^{min}. В первом случае предполагается, что критерий имеет положительное влияние на ту или иную альтернативу и подлежит максимизации; в противном случае его следует минимизировать. Оба типа критериев составляют множество всех рассматриваемых критериев:

$$C = C^{max} \cup C^{min}, \quad C^{max} \cap C^{min} = \varnothing. \qquad (3)$$

3. T – набор дискретных моментов времени (4), в которые выполняется пересчет всей модели и ведется поиск наилучшей альтернативы. Значения дискретных моментов времени выбирается произвольно исходя из специфики решаемой задачи. Как правило, для типа задач, описанных выше, выбирают промежутки времени Δt, равные 30 мин, 1 час, 2 часа и т.д. Момент времени $t = 0$ называется начальным моментом времени, с которого начинается процесс оптимизации распределения заданий:

$$T = (0, 1, 2, \dots, \tau), \quad \tau = |T|. \qquad (4)$$

4. $X^{(t)} = [x_{ij}^{(t)}]$ – матрица принятия решений для момента времени t размерностью $m \times n$. Здесь $[x_{ij}^{(t)}]$ – численная оценка альтернативы i по критерию j в момент времени t.

5. $W^{(t)} = (w_1^{(t)}, w_2^{(t)}, w_3^{(t)}, \dots, w_n^{(t)})$ – вектор важности критериев (вектор весовых коэффициентов) для момента времени t размерностью n. Важно отметить, что в любом векторе $W^{(t)}$ сумма элементов должна быть равна единице, поскольку сами значения являются нормированными. Кроме того, все веса должны быть

положительными.

6. Модель прогнозирования весовых коэффициентов, которая описывается следующим образом:

$$\hat{W}^{(t+1)} = \alpha\hat{W}^{(t-1)} + (1-\alpha)W^{(t)}, \quad \alpha \in [0;1], \quad t > 0, \tag{5}$$

где $W^{(t)}$ – реальные значения весовых коэффициентов в момент t (из исторических данных); $\hat{W}^{(t-1)}$ – спрогнозированные значения весовых коэффициентов в момент $t-1$ (вычислены на предыдущем шаге алгоритма); $\hat{W}^{(t+1)}$ – прогноз весов для следующего момента времени $t+1$; α – коэффициент доверия предыдущим данным (коэффициент экспоненциального сглаживания). Естественно, такую модель можно использовать только в моменты времени, отличного от начального (т.е. момента времени $t = 0$).

7. Модель нормализации данных матрицы принятия решения $X^{(t)}$. Поскольку каждый критерий из множества C имеет собственную размерность, отличную от размерностей других критериев, а также характеристику, то для дальнейших вычислений необходимо выполнить процедуру нормализации, то есть приведения численных значений в диапазон [0; 1]. Процедура нормирования зависит от типа критерия и описывается следующим образом:

$$r_{ij}^{(t)} = \begin{cases} \text{если } C^{\max}, \text{ то } \dfrac{x_{ij}^{(t)}}{\max_i\left(x_{ij}^{(t)}\right)}, \\ \text{если } C^{\min}, \text{ то } \dfrac{\min_i\left(x_{ij}^{(t)}\right)}{x_{ij}^{(t)}}, \\ i = 1,\ldots,m, \quad j = 1,\ldots,n. \end{cases} \tag{6}$$

8. В качестве модели агрегации данных на основе литературных данных был выбран метод *WASPAS* (7), представляющий собой компромиссный вариант между аддитивной ***WSM*** (*Weighted Sum Model*) (8) и мультипликативной ***WPM*** (*Weighted Product Model*) (9) свертками.

$$DQ_i^{(t)} = \lambda WSM_i^{(t)} + (1-\lambda)WPM_i^{(t)}, \lambda \in [0;1], \tag{7}$$

$$WSM_i^{(t)} = \sum_{j=1}^{n}\left(r_{ij}^{(t)} * w_j^{(t)}\right), \tag{8}$$

$$WPM_i^{(t)} = \prod_{j=1}^{n}\left(r_{ij}^{(t)}\right)^{w_j^{(t)}}, \tag{9}$$

где $DQ_i^{(t)}$ – интегральная оценка *WASPAS* для i-й альтернативы в момент времени t; λ – коэффициент агрегации.

Поиск значений *WASPAS* с использованием спрогнозированных весов (5) выполняется аналогично поиску значений с помощью фактических весов и выглядит следующим образом:

$$\widehat{DQ}_i^{(t)} = \lambda\widehat{WSM}_i^{(t)} + (1-\lambda)\widehat{WPM}_i^{(t)}, \lambda \in [0,1], \tag{10}$$

$$\widehat{WSM}_i^{(t)} = \sum_{j=1}^{n}\left(r_{ij}^{(t)} * \hat{w}_j^{(t)}\right), \tag{11}$$

$$\widehat{WPM}_i^{(t)} = \prod_{j=1}^{n}\left(r_{ij}^{(t)}\right)^{\hat{w}_j^{(t)}}. \tag{12}$$

Целевая функция задается следующей формулой:

$$J = argmax(DQ_i^{(t)}). \tag{13}$$

9. Ограничения задачи.

Параметрическими ограничениями, рассматриваемыми в постановке задачи, являются:

– коэффициент доверия предыдущим данным (коэффициент экспоненциального сглаживания) $\alpha = 0{,}2$;

– коэффициент агрегации $\lambda = 0{,}5$.

Процесс выбора значений этих коэффициентов выполняется заранее (в момент времени $t = 0$).

Необходимым условием являются неотрицательность весов и значение их суммы, равное единице:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i^{(t)} = 1, \quad \forall w^{(t)} = [0,1], \tag{14}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \hat{w}_i^{(t)} = 1, \quad \forall \hat{w}^{(t)} = [0,1]. \tag{15}$$

10. В качестве метрик используются:

– ***MAE*** (*Mean Absolute Error*) – средняя абсолютная ошибка:

$$MAE^{(t)} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left|DQ_i^{(t)} - \widehat{DQ}_i^{(t)}\right|; \tag{16}$$

– ***MAPE*** (*Mean Absolute Percentage Error*) – средняя ошибка в процентах:

$$MAPE^{(t)} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left|\frac{DQ_i^{(t)} - \widehat{DQ}_i^{(t)}}{DQ_i^{(t)}}\right| \times 100\%; \quad (17)$$

– ***SC*** (*Spearman's Rank Correlation Coefficient*) – коэффициент ранговой корреляции Спирмена между рангами альтернатив:

$$SC^{(t)} = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{m}\left(d_i^{(t)}\right)^2}{n\left(n^2-1\right)}, \quad (18)$$

где $d_i^{(t)}$ – разность между рангами фактических $DQ_i^{(t)}$ и спрогнозированных $\widehat{DQ}_i^{(t)}$ значений *WASPAS* для момента времени *t*;

– ***CI*** (*Compliance index*) – индекс соответствия между первыми наиболее значимыми ранжированными альтернативами. Чем больше степень соответствия между первыми *M* значениями, тем точнее прогноз соответствует расчетному значению.

Индекс вычисляется следующим образом:

$$CI^{(t)} = \sum_{i=1}^{M}\left(CMP\left(DQ_i^{(t)}, \widehat{DQ}_i^{(t)}\right) * w_i'\right), \quad (19)$$

$$CMP\left(DQ_i^{(t)}, \widehat{DQ}_i^{(t)}\right) = \begin{cases} 1, \text{ если } DQ_i^{(t)} = \widehat{DQ}_i^{(t)}, \\ 0, \text{ если } DQ_i^{(t)} \neq \widehat{DQ}_i^{(t)}, \end{cases} \quad (20)$$

где w'_i – значимость каждой выбранной альтернативы (то есть мера важности для ЛПР. Первая наиболее значимая альтернатива имеет высший приоритет для рассмотрения, вторая – второстепенный и т.д.). Сумма этих весовых коэффициентов должна равняться единице:

$$\sum_{i=1}^{M} w_i' = 1, \quad \forall w' = [0,1]. \quad (21)$$

Как правило, для задач многокритериальной оптимизации наиболее значимыми являются первые три альтернативы ($M = 3$), причем значимость каждого из последующих критериев снижается линейно. Так, для трех наиболее значимых альтернатив вектор значимости будет иметь следующий вид:

$$W' = \left(w_1', w_2', w_3'\right) = \left(\frac{3}{6}, \frac{2}{6}, \frac{1}{6}\right), \quad |W'| = M = 3. \quad (22)$$

Реализация предложенной модели

Прежде чем осуществлять непосредственную реализацию предложенной модели, необходимо сделать несколько допущений. В первую очередь стоит отметить, что методика расчета весовых коэффициентов может быть различной. В данной работе решено было использовать метод непосредственного ранжирования значимости, при котором лицо, принимающее решение (**ЛПР**), ранжирует критерии в порядке убывания значимости:

$$w_i^{(t)} = \frac{m - rank\left(C_i\right) + 1}{\sum_{i=1}^{m} rank\left(C_i\right)}, \quad i = 1, \ldots, m, \quad (23)$$

где $rank(C_i)$ – значение ранга критерия C_i.

Для автоматизации всех расчетов была разработана программная реализация на языке программирования *Python*. Кроме того, с целью тестирования предложенной модели в реальных условиях была предложена простейшая модель СППР:

В данной работе было решено намеренно не использовать сложную архитектуру СППР, поскольку основной задачей последней было тестирование предложенной модели в привязке к реальной системе управления. Тем не менее в структуре СППР можно выделить следующие составляющие.

– Подсистема ввода/вывода (интерфейс пользователя). Он необходим для взаимодействия ЛПР и моделей обработки данных. Интерфейс обеспечивает процедуры ввода/вывода данных и визуализации полученных результатов.

– Ядро *WASPAS*, необходимое для агрегации данных.

– Подсистема прогнозирования данных, включающая в себя модель прогнозирования.

– Подсистема аналитики, предназначенная для валидации полученных данных.

– База данных. Для длительного и надежного хранения информации, используемой СППР, все данные сохраняются в локальной базе данных.

В качестве примера рассматриваются 10

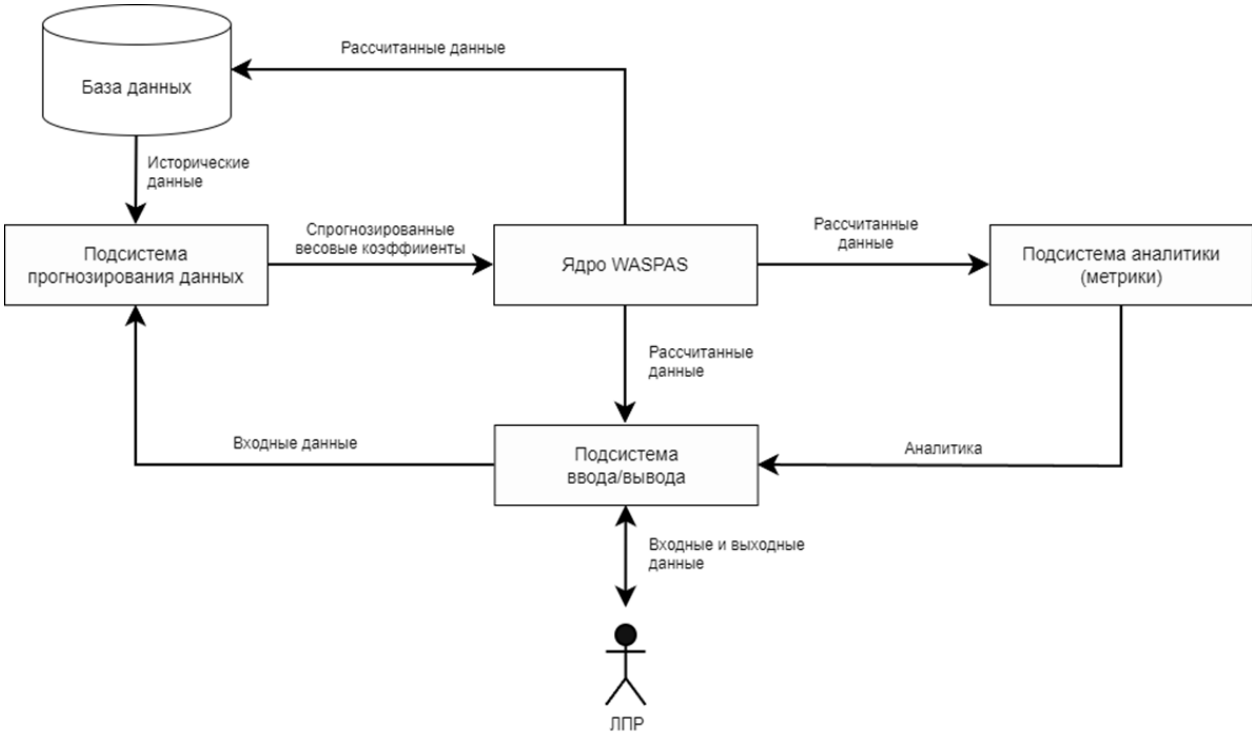

Рис. 1. Структурная схема СППР

Таблица 1. Описание критериев

Критерий	Описание критерия	Характеристика критерия	Размерность критерия
C_1	Производительность труда	положительный (необходима максимизация)	от 1 до 10 баллов
C_2	Время выполнения задания	отрицательный (необходима минимизация)	минуты
C_3	Надежность выполнения задания	положительный (необходима максимизация)	от 1 до 10 баллов
C_4	Стоимость выполнения задания	отрицательный (необходима минимизация)	тыс. рублей

альтернатив (мобильных автономных единиц – производственных бригад), в начальный момент времени $t = 0$ задействованы в разных частях города и выполняют свои задачи. Приняв $\Delta t = 30$ минут, к моменту времени $t = 1$ накапливаются определенное количество заданий, которые необходимо распределить между бригадами. Процесс распределения начинается с наиболее приоритетной задачи и заканчивается, когда число нераспределенных задач станет равным нулю или же все имеющиеся альтернативы (мобильные автономные единицы) будут загружены своими задачами. Выбор лучших альтернатив осуществляется согласно четырем критериям из табл. 1.

Представленные в табл. 1 критерии оценки являются примером для решаемой задачи. Очевидно, что число критериев и их свойства могут быть другими. Что касается самих критериев, то их выбор обусловлен спецификой решаемой проблемы. К примеру, критерии C_1 и C_3 имеют порядковое отношение, выраженное в баллах, что обуславливается объективной оценкой на основе эмпирического опыта (необходимо отметить, что использование балльных шкал для описания критериев не только допускается, но

и является частой практикой в реальных задачах). В то же время критерии C_2 и C_4 описываются интервальной шкалой, что означает более конкретизированное значение каждого из критериев.

Для начального момента времени $t = 0$ ЛПР устанавливает приоритет критериев в порядке уменьшения их значимости, по которым выполняется процесс выявления лучшей бригады (по соответствующим критериям) с помощью метода *WASPAS* (7). В следующие моменты времени приоритет критериев корректируется либо остается неизменным, а дальнейшие расчеты выполняются как с помощью стандартного метода *WASPAS* (7), так и с помощью его модифицированной версии (10). Полученные результаты будут сравниваться по метрикам (16), (17) и (18).

Предположим, что для момента времени $t = 0$ ЛПР выбрал следующее отношение критериев:

$$C_3 > C_1 > C_2 > C_4. \quad (24)$$

Из вариационного ряда (24) становится очевидно, что ЛПР выбрал критерий C_3 (надежность выполнения задания) как доминирующий. Далее по значимости стоят критерии C_1 (производительность труда), C_2 (время выполнения задания) и C_4 (стоимость выполнения задания). Используя эти данные, с помощью формулы (25) можно определить вектор весовых коэффициентов для момента времени $t = 0$:

$$W^{(0)} = (0{,}3 \quad 0{,}2 \quad 0{,}4 \quad 0{,}1). \quad (25)$$

Кроме того, была подготовлена следующая матрица принятия решений для момента времени $t = 0$:

$$X^{(0)} = \begin{pmatrix} 7 & 45 & 8 & 4100 \\ 8 & 45 & 9 & 4500 \\ 7 & 55 & 7 & 3300 \\ 8 & 45 & 7 & 4000 \\ 6 & 65 & 8 & 3400 \\ 7 & 45 & 8 & 3700 \\ 8 & 45 & 9 & 4200 \\ 8 & 35 & 7 & 3600 \\ 7 & 45 & 7 & 3400 \\ 9 & 55 & 9 & 4400 \end{pmatrix}. \quad (26)$$

Используя формулу (7) и проранжировав полученные результаты по убыванию, получим следующие значения (табл. 2).

Из расчетов можно выявить, что из всех альтернатив $U^{(0)}$ согласно критериям $C^{(0)}$ и степени их значимости $W^{(0)}$ лучшей альтернативой будет производственная бригада № 7 и именно ей следует поручить выполнение задания. Если есть другие, менее приоритетные задания, то их можно распределить между оставшимися бригадами согласно расчетной табл. 2.

Предположим, что к моменту времени $t = 1$ появилось одно или несколько заданий, которые необходимо распределить между бригадами. Естественно, условия могли существенно измениться (этими условиями могут быть приоритет критериев выбора, значения альтернатив и т.д.), что требует пересчета. В данном случае примем, что для ЛПР первоочередным критерием стало время выполнения задания (критерий C_2), в то время как приоритет других критериев остался без изменений. Таким образом, отношение критериев (27) и значение весовых коэффициентов (28) приняли следующий вид:

$$C_2 > C_3 > C_1 > C_4; \quad (27)$$

$$W^{(0)} = (0{,}2 \quad 0{,}4 \quad 0{,}3 \quad 0{,}1). \quad (28)$$

Кроме того, матрица принятия решений также изменилась:

$$X^{(1)} = \begin{pmatrix} 7 & 45 & 8 & 4200 \\ 8 & 45 & 9 & 4500 \\ 7 & 50 & 7 & 3500 \\ 8 & 45 & 7 & 3000 \\ 6 & 65 & 8 & 3400 \\ 7 & 45 & 8 & 3700 \\ 8 & 55 & 9 & 4300 \\ 8 & 35 & 7 & 3600 \\ 7 & 45 & 7 & 3400 \\ 9 & 55 & 9 & 4400 \end{pmatrix}. \quad (29)$$

Теперь для расчетов возьмем не только метод *WASPAS* с фактическими значениями весовых коэффициентов (7), но и с прогнозированными значениями (10), которые были получены с помощью формулы (5). Результаты расчетов показаны в табл. 3 и 4.

Очевидно, что при изменении значений

Таблица 2. Значения *WASPAS* для момента времени $t = 0$

WASPAS для $X^{(0)}$ и $W^{(0)}$ (значения $DQ^{(0)}$)										
№ альтернативы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения	0,8241	0,8927	0,7690	0,8151	0,7522	0,8327	0,8984	0,8674	0,7961	0,8950
Ранжированные данные (по убыванию)										
№ альтернативы	**7**	**10**	**2**	**8**	**6**	**1**	**4**	**9**	**3**	**5**
Значения	0,8984	0,8950	0,8927	0,8674	0,8327	0,8241	0,8151	0,7961	0,7690	0,7522

Таблица 3. Значения *WASPAS* для момента времени $t = 1$

WASPAS для $X^{(1)}$ и $W^{(1)}$ (значения $DQ^{(1)}$)										
№ альтернативы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения	0,8037	0,8519	0,7538	0,8207	0,6949	0,8137	0,7942	0,8919	0,7879	0,8130
Ранжированные данные (по убыванию)										
№ альтернативы	**8**	**2**	**4**	**6**	**10**	**1**	**7**	**9**	**3**	**5**
Значения	0,8919	0,8519	0,8207	0,8137	0,8130	0,8037	0,7942	0,7879	0,7538	0,6949

Таблица 4. Значения *WASPAS* для момента времени $t = 1$ с прогнозируемыми весовыми коэффициентами

WASPAS для $X^{(1)}$, $\hat{W}^{(1)}$ и $\alpha = 0{,}2$ (значения $\widehat{DQ}^{(1)}$)										
№ альтернативы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения	0,8125	0,8785	0,7664	0,8295	0,7343	0,8225	0,8444	0,8657	0,7879	0,8722
Ранжированные данные (по убыванию)										
№ альтернативы	**2**	**10**	**8**	**7**	**4**	**6**	**1**	**9**	**3**	**5**
Значения	0,8785	0,8722	0,8657	0,8444	0,8295	0,8225	0,8125	0,7879	0,7664	0,7343

важности критериев и их значений для альтернатив значения рангов альтернатив также были изменены, однако введение прогнозирования весовых коэффициентов (5) стало возможным учитывать прошлый опыт при выявлении лучшей альтернативы, причем степень влияния можно регулировать с помощью коэффициента доверия предыдущим данным α. В ограничениях для решаемой проблемы распределения заданий значение данного коэффициента было задано равным 0,2. Выбор данного значения обусловлен тем, что в обозначенной проблеме условия меняются очень быстро, поэтому излишняя инертность в изменении приоритета критериев является недопустимой; в то же время существуют скрытые факторы, одинаково влияющие на свойства каждой из альтернатив (бригад) и которые технически невозможно учитывать в оптимизационной задаче ввиду их многочисленности (такого рода факторы обычно принимают за случайные воздействия на рассматриваемый объект).

Полученные результаты для последующих моментов времени необходимо проверить с помощью метрик (16)–(19). Результаты тестирования продемонстрированы в табл. 5.

В табл. 5 представлен сравнительный анализ результатов для моментов времени $t = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$: моменты времени $t = 0$ и $t = 1$ не учитываются, поскольку в этих случаях недостаточно данных для работы модели (в эти моменты времени расчет выполняется

Таблица 5. Значения метрик и первых трех лучших альтернатив

Сравнение	*MAE*	*MAPE*	*SC*	*CI*	Первые 3 наиболее значимые альтернативы $U_1^{(t)}$, $U_2^{(t)}$, $U_3^{(t)}$ (стандартный *WASPAS*)	Первые 3 наиболее значимые альтернативы $U_1^{(t)}$, $U_2^{(t)}$, $U_3^{(t)}$ (*WASPAS* с прогнозированием)
$DQ^{(5)}/\widehat{DQ}^{(5)}$	0,0226	0,0248 %	0,8094	0,5000	<8, 3, 4>	<8, 4, 2>
$DQ^{(5)}/\widehat{DQ}^{(5)}$	0,0272	0,0312 %	0,8043	0,0000	<8, 2, 4>	<7, 3, 2>
$DQ^{(5)}/\widehat{DQ}^{(5)}$	0,0334	0,0328 %	0,8027	0,0000	<8, 4, 3>	<4, 6, 2>
$DQ^{(5)}/\widehat{DQ}^{(5)}$	0,0645	0,0594 %	0,8231	0,1667	<8, 3, 2>	<5, 8, 2>
$DQ^{(10)}/\widehat{DQ}^{(10)}$	0,0434	0,0398 %	0,8186	0,6667	<8, 4, 2>	<8, 7, 2>
$DQ^{(10)}/\widehat{DQ}^{(10)}$	0,0522	0,0414 %	0,8016	0,8333	<8, 7, 4>	<8, 7, 2>
$DQ^{(10)}/\widehat{DQ}^{(10)}$	0,0501	0,0403 %	0,8012	0,8333	<8, 7, 3>	<8, 7, 2>
$DQ^{(10)}/\widehat{DQ}^{(10)}$	0,0498	0,0387 %	0,8025	1,0000	<8, 7, 4>	<8, 7, 4>
$DQ^{(10)}/\widehat{DQ}^{(10)}$	0,0510	0,0409 %	0,8134	1,0000	<8, 7, 4>	<8, 7, 4>

с помощью стандартного метода *WASPAS*). Кроме того, согласно динамике изменения значений индекса соответствия (*Compliance index*) можно сделать вывод, что точность прогноза увеличивается с каждым шагом, что можно обосновать аккумулированием опыта управления конкретной рассматриваемой системой.

Полученные результаты позволяют утверждать, что предложенная модель достаточно стабильна и представленная модель с высоким качеством прогнозирует весовые коэффициенты, что может существенно облегчить выбор наиболее правильной стратегии в принятии решений на будущий этап планирования.

Заключение

Предложенная постановка задачи по своей сути является представителем класса СППР, с помощью которой ЛПР имеет возможность решения проактивной задачи с прогнозом на обозримое будущее, в отличие от реактивной задачи, решаемой стандартным методом *WASPAS* без прогнозирования весовых коэффициентов в динамике.

Предложенная постановка задачи и ее реализация позволяют проводить поиск оптимальной стратегии выбора лучшей альтернативы (мобильной автономной единицы) при распределении заданий, о чем свидетельствует установившееся значение по индексу *CI* и альтернативам на 9 и 10 шаге. Представленная постановка задачи и ее реализация могут использоваться в самых различных областях: к примеру, для решения проблемы оптимизации распределения заданий между мобильными автономными единицами (производственными бригадами) в МБУ «Дирекция городского хозяйства» города Тамбова (тестовый режим работы: с 1 октября 2025 г. и по настоящее время).

Литература

1. Мурзаев, Т.А. Сравнение методов многокритериального принятия решений на примере задачи ранжирования / Т.А. Мурзаев, Е.С. Подоплелова // Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности : сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. – Южный федеральный университет, 2023. – С. 225–227.

2. Баринов, В.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / В.А. Баринов, Л.С. Болотова. – М. : Финансы и статистика, 2012. – 836 с.

3. Бачурин, А.А. Планирование и прогнозирование деятельности автотранспортных организаций / А.А. Бачурин. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2011. – 256 с.

4. Бегмедова, М. Роль логистической системы и мультимодальной логистики в развитии экономики / М. Бегмедова, Г. Чопанов // Интернаука. – 2022. – № 15-4(238). – С. 26–27.

5. Бир, С. Мозг фирмы / С. Бир. – М. : Едиториал УРСС, 2005. – 402 с.

6. Гукасьян, Н.А. Менеджмент предприятия. Просто о сложном / Н.А. Гукасьян. – СПб. : BHV, 2015. – 124 с.

7. Vygantas Bagočius. Multi-Criteria Selection of a Deep-Water Port in Klaipeda / Vygantas Bagočius, Kazimieras Edmundas Zavadskas, Zenonas Turskis // ResearchGate, 2013 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/257726869_MultiCriteria_Selection_of_a_Deep-Water_Port_in_Klaipeda.

8. Dėjus, Titas & Antucheviciene, Jurgita. Assessment of health and safety solutions at a construction site // ResearchGate. 2013 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/261580431_Assessment_of_health_and_safety_solutions_at_a_construction_site.

9. Simge Yenilmezel, İrfan Ertuğrul. Laptop selection with MEREC based WASPAS method // DergiPark AKADEMIK. 2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://dergipark.org.tr/en/pub/bemarej/issue/73404/1207859.

10. Bagočius, & Zavadskas, Edmundas & Turskis. Multi-person selection of the best wind turbine based on the multi-criteria integrated additive-multiplicative utility function // ResearchGate. 2014 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/263703007_Multi-person_selection_of_the_best_wind_turbine_based_on_the_multi-criteria_integrated_additive-multiplicative_utility_function.

11. Alfarisi, M. Safii. Penerapan Metode WASPAS Dalam Menentukan Peminatan Jurusan Pada Penerimaan Mahasiswa Baru // Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD. 2023. [Electronic resource]. – Access mode : https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsk/article/view/7390.

12. Faisal Amir, Pressa Persana Surya Saputra, Jasmir, Samsul Lutfi, Ni Luh Wiwik Sri Rahayu Ginantra, Ilham Tri Maulana. Penerapan Metode Weighted Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS) dalam Pemilihan Supplier // Journal of Informatics Management and Information Technology. 2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://hostjournals.com/jimat/article/view/241.

13. Abin George, M. Ramachandran, Vimala Saravanan, Ashwini Murugan. Assessment of Manufacturing Companies using WASPAS MCDM Method // International Books & Journals Publisher. 2022 [Electronic resource]. – Access mode : https://restpublisher.com/articlejdaai/10-46632-jdaai-1-4-1.

14. Belyaev Alexander; Tutov Ivan; Butuzov Denis «Analysis of noisy signal restoration quality with exponential moving average filter», 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2016.

References

1. Murzaev, T.A. Sravnenie metodov mnogokriterialnogo prinyatiya reshenij na primere zadachi ranzhirovaniya / T.A. Murzaev, E.S. Podoplelova // Fundamentalnye i prikladnye aspekty kompyuternykh tekhnologij i informatsionnoj bezopasnosti : sbornik statej Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii. – YUzhnij federalnij universitet, 2023. – S. 225–227.

2. Barinov, V.A. Teoriya sistem i sistemnij analiz v upravlenii organizatsiyami : spravochnik / V.A. Barinov, L.S. Bolotova. – M. : Finansy i statistika, 2012. – 836 s.

3. Bachurin, A.A. Planirovanie i prognozirovanie deyatelnosti avtotransportnykh organizatsij / A.A. Bachurin. – Vologda : Infra-Inzheneriya, 2011. – 256 s.

4. Begmedova, M. Rol logisticheskoj sistemy i multimodalnoj logistiki v razvitii ekonomiki / M. Begmedova, G. CHopanov // Internauka. – 2022. – № 15-4(238). – S. 26–27.

5. Bir, S. Mozg firmy / S. Bir. – M. : Editorial URSS, 2005. – 402 s.

6. Gukasyan, N.A. Menedzhment predpriyatiya. Prosto o slozhnom / N.A. Gukasyan. – SPb. : BHV, 2015. – 124 s.

© Д.О. Чичеров, С.В. Ковалев, 2026

УДК 66.093.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАРБОТАЖНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БИОМАССЫ В БИОГАЗОВЫХ РЕАКТОРАХ: АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ

Г.В. КОРОТКОВА, А.Д. БОХАНОВ

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Смоленск

Ключевые слова и фразы: анаэробное брожение; барботажное перемешивание; биогазовые установки; биореактор; выход биогаза; интенсивность перемешивания; микробиологические процессы; оптимизация технологических процессов; эффективность процесса; экспериментальное исследование; *experimental study*.

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена растущей необходимостью повышения эффективности процессов получения биогаза в условиях расширяющегося применения биогазовых установок в сельском хозяйстве и промышленности. Одним из ключевых факторов оптимизации работы таких установок является процесс перемешивания биомассы, где барботажное перемешивание занимает ведущую роль благодаря улучшению контакта метаногенных микроорганизмов с веществами питания и интенсификации процесса брожения. Цель исследования – оценка эффективности барботажного перемешивания в биогазовых установках и разработка рекомендаций для повышения выхода биогаза. Задачи исследования: анализ влияния параметров барботажного перемешивания (интенсивность, частота, температура) на выход биогаза; моделирование процессов в биореакторе с барботажным перемешиванием для определения оптимальных режимов работы; экспериментальная проверка полученных моделей и рекомендаций в условиях лабораторного и промышленного масштаба. Гипотеза исследования состоит в том, что использование системы барботажного перемешивания с оптимизированными параметрами способствует значительному увеличению удельного выхода биогаза и улучшению качества субстрата. Методы исследования включают математическое моделирование, лабораторные эксперименты, анализ технологических параметров и регрессионное моделирование. Перспективы использования результатов и рекомендаций исследования заключаются в применении их для проектирования и модернизации биогазовых установок, что позволит повысить их производительность и экономическую эффективность при переработке органических отходов. Выводы исследования подтверждают, что барботажное перемешивание является эффективным способом интенсификации биологических процессов в биогазовых установках, а оптимизация режимов перемешивания способствует увеличению выхода метана и устойчивости процесса брожения.

В современных условиях возрастающего интереса к альтернативным и возобновляемым источникам энергии биогазовые установки занимают одно из приоритетных мест в области переработки органических отходов и производства экологически чистой энергии. Эффективность работы таких установок в значительной степени определяется процессами, протекающими в биореакторах, среди которых важнейшую роль играет перемешивание субстрата. Барботажное перемешивание, осуществляемое за счет подачи выделяющегося биогаза обратно

в реактор, является одним из наиболее перспективных методов интенсификации биодеградации и повышения выхода метана [1].

Научно-технический интерес к исследованию барботажного перемешивания обусловлен его способностью обеспечивать равномерное распределение популяции метаногенных бактерий и температуры по объему реактора, а также предотвращать образование застойных зон и корок, препятствующих эффективному газовыделению. Несмотря на широкое применение механических систем перемешивания, ограничения их использования в установках большого объема делают барботажные системы предпочтительными с точки зрения энергоэффективности и технологической надежности [2].

Актуальность данного исследования связана с необходимостью повышения производительности биогазовых установок и оптимизации технологических параметров барботажного перемешивания для обеспечения стабильного и высокого выхода биогаза. Работа направлена на систематическое изучение физических и биохимических процессов в биореакторе с барботажным перемешиванием, разработку математических моделей и экспериментальную проверку с целью создания эффективной конструкции биореактора.

Таким образом, поставленная задача представляет собой важный вклад в развитие биоэнергетики и экологически безопасных технологий переработки органических отходов, что отвечает современным вызовам в области устойчивого развития и энергосбережения.

Систематический анализ барботажного перемешивания в биогазовых биореакторах показал, что данный способ обеспечивает равномерное распределение температуры и микробиологических компонентов по всему объему реактора, что способствует стабилизации процесса анаэробного брожения и повышению выхода биогаза. Исследования движения биогазовых пузырьков выявили интенсивное перемешивание субстрата за счет гидродинамических возмущений, возникающих при подъеме пузырьков, что позволяет минимизировать температурные неоднородности и предотвратить образование застойных зон и корок на поверхности субстрата [3].

Экспериментальные данные подтвердили, что оптимальными параметрами для барботажного перемешивания являются влажность биомассы в пределах 92–93 %, частота перемешивания 3–5 раз в сутки, температурный режим мезофильного брожения около 33,5–34,5 °*C* и продолжительность процесса брожения 30–35 суток. В этих условиях наблюдается максимальный удельный выход биогаза, достигающий около 417,5 литров на килограмм абсолютно органического вещества.

Математическое моделирование и экспериментальные проверки позволили сформулировать рекомендации по конструкторско-технологической оптимизации биореакторов с системой барботажного перемешивания, что сделало возможным повышение эффективности переработки органических отходов и улучшение энергетической отдачи биогазовых установок. Таким образом, внедрение системы барботажного перемешивания обеспечивает существенную интенсификацию биохимических процессов, повышение стабильности и продуктивности биогазовых установок, что имеет важное практическое значение для развития экологически чистых технологий энергопроизводства.

Продолжая изложение, следует отметить, что исследование также выявило определенные ограничения и направления для дальнейших разработок. В частности, необходимость более глубокого понимания влияния гидродинамических режимов на микробиологическую активность и метаболизм метаногенных сообществ порождает перспективы для интеграции методов микробиологического анализа и компьютерного моделирования. Разработка адаптивных систем управления процессом барботажного перемешивания с учетом изменений состава и свойств субстрата может значительно повысить общую эффективность установок.

В практическом плане результаты данного исследования могут быть использованы для модернизации существующих и проектирования новых биогазовых установок с целью снижения энергозатрат на механическое перемешивание и увеличения выхода метана при сохранении стабильности технологического процесса. Таким образом, интеграция барботажного перемешивания в промышленное производство биогаза способствует решению задач устойчивого развития, снижению экологической нагрузки и повышению энергетической безопасности.

В дальнейшем развитие технологии барботажного перемешивания требует интеграции современных методов мониторинга и управления процессами в биореакторах, включая при-

менение сенсорных систем и автоматизированных алгоритмов регулирования. Это позволит обеспечить адаптивное управление режимами перемешивания в зависимости от характеристик субстрата и динамики биохимических процессов, что повысит эффективность производства биогаза и снизит энергозатраты.

Кроме того, перспективным направлением является масштабирование технологии для использования в крупных промышленных установках с одновременным сохранением оптимальных условий для мезофильного и термофильного брожения. Исследование взаимодействия барботажного перемешивания с различными типами субстратов, а также синергетический эффект с другими методами интенсификации, такими как катализ и предварительная подготовка субстрата, может стать основой для новых технологических решений в области биоэнергетики.

Таким образом, дальнейшее совершенствование барботажного перемешивания и его интеграция в комплексные биогазовые технологии обладает значительным потенциалом для устойчивого развития отрасли и увеличения доли возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе.

В представленной статье подтверждена высокая эффективность барботажного перемешивания как метода интенсификации процессов анаэробного брожения в биогазовых биореакторах. Проведенные экспериментальные и математические исследования показали, что применение барботажного перемешивания способствует равномерному распределению температуры и микробной популяции в объеме реактора, снижает образование застойных зон и повышает выход биогаза.

Для практического применения рекомендуется внедрение систем барботажного перемешивания с оптимизированными параметрами влажности, частоты перемешивания и температурного режима, обеспечивающих максимальный выход биогаза и стабильность процесса. При проектировании и модернизации биогазовых установок следует учитывать возможности адаптивного управления процессом с использованием автоматизированных систем мониторинга и регулирования.

Разработаны и обоснованы рациональные конструктивно-технологические параметры биореакторов с барботажными системами, обеспечивающие оптимальные условия для метаногенной активности и стабильный технологический процесс. Использование данной технологии позволяет повысить энергетическую эффективность биогазовых установок, сократить энергозатраты на перемешивание и улучшить экологическую безопасность переработки органических отходов [4].

Данные рекомендации способствуют снижению энергозатрат на механическое перемешивание, увеличению производительности биогазовых установок и улучшению экологической безопасности переработки органических отходов. Внедрение разработанных решений будет способствовать развитию устойчивых биоэнергетических технологий и увеличению доли возобновляемых источников энергии.

Дополнительные исследования и практическое тестирование позволят расширить область применения барботажного перемешивания и повысить эффективность биогазовых технологий в условиях промышленного производства.

Полученные результаты имеют практическую значимость для модернизации существующих и проектирования новых биогазовых установок, способствуя развитию устойчивых биоэнергетических технологий.

Дополнительные исследования по адаптивному управлению процессами и интеграции барботажного перемешивания с другими методами интенсификации откроют новые возможности для повышения эффективности и масштабируемости технологий биогазовой энергетики.

Литература

1. Боханов, А.Д. Экологические аспекты утилизации отходов сельскохозяйственных предприятий / А.Д. Боханов // Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студенческой молодежи : XV международная межвузовская научно-практическая конференция студентов, Смоленск, 16 апреля 2024 года. – Смоленск : Универсум, 2024. – С. 218–221.

2. Гончаров, М.В. Совершенствование технологии подготовки сжатого газа с применением моделирующей системы / М.В. Гончаров, Д.С. Буренков, Н.А. Новиков // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 2(104). – С. 6–10.

3. Марченкова, Е.Р. Современное состояние и проблемы развития сельского хозяйства Брянской области / Е.Р. Марченкова // Состояние и перспективы социально-экономического развития региона: взгляд молодых : Сборник материалов VIII Международной студенческой научной конференции, Брянск, 09 ноября 2022 года. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 111–115. – EDN FCURGA.

4. Марченкова, Е.Р. Верификация многопроцессорных вычислительных систем / Е.Р. Марченкова // Энергетика, информатика, инновации – 2024 (математическое моделирование и информационные технологии в производстве и строительстве, микроэлектроника и оптотехника) : сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции, Смоленск, 13–14 ноября 2024 года. – Смоленск, 2024. – С. 96–99.

References

1. Bokhanov, A.D. Ekologicheskie aspekty utilizatsii otkhodov selskokhozyajstvennykh predpriyatij / A.D. Bokhanov // Aktualnye problemy formirovaniya zdorovogo obraza zhizni studencheskoj molodezhi : KHV mezhdunarodnaya mezhvuzovskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, Smolensk, 16 aprelya 2024 goda. – Smolensk : Universum, 2024. – S. 218–221.

2. Goncharov, M.V. Sovershenstvovanie tekhnologii podgotovki szhatogo gaza s primeneniem modeliruyushchej sistemy / M.V. Goncharov, D.S. Burenkov, N.A. Novikov // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 2(104). – S. 6–10.

3. Marchenkova, E.R. Sovremennoe sostoyanie i problemy razvitiya selskogo khozyajstva Bryanskoj oblasti / E.R. Marchenkova // Sostoyanie i perspektivy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya regiona: vzglyad molodykh : Sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferentsii, Bryansk, 09 noyabrya 2022 goda. – Bryansk : Bryanskij gosudarstvennij agrarnij universitet, 2022. – S. 111–115. – EDN FCURGA.

4. Marchenkova, E.R. Verifikatsiya mnogoprotsessornykh vychislitelnykh sistem / E.R. Marchenkova // Energetika, informatika, innovatsii – 2024 (matematicheskoe modelirovanie i informatsionnye tekhnologii v proizvodstve i stroitelstve, mikroelektronika i optotekhnika) : sbornik trudov XIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii, Smolensk, 13–14 noyabrya 2024 goda. – Smolensk, 2024. – S. 96–99.

© Г.В. Короткова, А.Д. Боханов, 2026

УДК 699.8:331.101.1

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.М. ФОКИН[1], А.Д. ПОПОВА[2], А.В. КОВЫЛИН[1]

[1] ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;
[2] МОУ «Лицей № 9 имени заслуженного учителя школы Российской Федерации А.Н. Неверова», г. Волгоград

Ключевые слова и фразы: эргономика; эргономические температурные ощущения; теплозащитный материал; защита человека.

Аннотация: Цель: обзор эргономики среды и эргономических показателей теплозащитных материалов. Задачи: обозначить перспективы по изучению эргономических температурных ощущений человека и характеристик теплозащитных материалов. Гипотеза: обеспечение комфортных условий пребывания человека в окружающей его среде. Метод исследования: обзор материала по теме эргономических показателей теплозащитных материалов. Достигнутый результат: разработка наиболее близких по технической сущности решений защиты человека от избыточных температур.

Эргономика среды, эргономические показатели теплозащитных материалов, физиология человека чаще всего включают температурные, акустические и световые ощущения. Комфортные условия пребывания человека в окружающей его среде обеспечиваются определенными теплоизоляционными, звукоизоляционными, теплозащитными и светозащитными материалами. Наиболее эффективными изоляторами для звукоизоляции и термоизоляции могут служить органические пористые теплоизоляционные и звукоизоляционные материалы, имеющие определенные теплофизические и звукофизические свойства.

Тело человека состоит из большого числа нервных окончаний, каждое из которых возбуждается от прикосновения к ним среды с другой, отличной от тела человека, температурой, и посылает в мозг нейронные электрические импульсы. Там эти импульсы подвергаются сложному анализу, в результате которого человек определяет передаваемое сообщение.

Разные части тела человека обладают свойствами температурного анализатора, а температурное восприятие человека зависит от многих факторов. Кроме того, каждый человек как индивидуум (адепт) по-своему воспринимает температурные импульсы. Одни люди пьют холодную воду, а другие пьют почти кипяток, и каждый считает это нормой. Одни люди купаются в проруби зимой, другие же выдерживают воду с температурой ≈ +50 °С.

Воспринимаемый телом человека диапазон температур можно установить условно. Так, например, для спортивного плавания в бассейне установлена оптимальная температура воды +26…+28 °С ввиду активного движения спортсмена, а самое главное, за счет относительно высокого коэффициента теплоотдачи от воды к телу человека, который составляет порядка 1500–2000 Вт/(м^2·К). При более высокой температуре происходит перегрев тела человека (спортсмена, рабочего, аквалангиста и т.п.), а при температуре меньшей +16… +20 °С и при длительном пребывании – переохлаждение. При температуре воды порядка +5…+10 °С в среднем человек может продержаться порядка 10–15 мин. Поэтому для обеспечения длительного пребывания в холодной воде используют и применяют гидро- и теплоизоляционные костюмы. Время пребывания человека в холодной воде зависит от температуры воды, толщины гидрокостюма и его теплофизических свойств (**ТФС**), а также от психологических особенностей человека или ситуации (страх, шок).

На воздухе же коэффициент теплоотдачи

от воздуха к телу человека составляет порядка 8–20 Вт/(м^2·К) в зависимости от скорости воздуха (ветра), что в любом случае в сотню раз меньше чем для воды. Время пребывания человека на холодном или нагретом воздухе зависит от температуры воздуха, его скорости, толщины камуфляжа и теплофизических (ТФС) свойств защитного костюма (одежды).

При соприкосновении тела человека с твердой поверхностью с температурой, отличной от человека (холодной или горячей), много зависит от тепловой активности материала и силы контакта (легкое или сильное прикосновение). Сама же тепловая активность материала зависит от теплопроводности λ и температуропроводности a материала, с которым контактирует человек.

Тепловая активность b_* материала (вещества) численно равна: $b_* = \sqrt{b}$, где b – тепловая инерция материала и рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 51337-99 по формуле: $b = \lambda^2/a$.

Физическое понятие этих двух коэффициентов b и b_* можно объяснить на простом примере. Предположим, что в среде (комнате) находятся предметы или материалы из различных веществ. Выделим два изделия из металла и дерева, что всегда практически можно использовать для эргономического наблюдения. В среде (комнате) температура воздуха и предметов (металла и дерева), находящихся в ней, одинакова. Далее приставим ладони рук одновременно к двум предметам: одну ладонь к металлу, а другую ладонь – к дереву. Эргономические рецепторы тела человека ощущают металл как более холодное тело, по сравнению с деревом. Это происходит ввиду того, что тепловая энергия человека более активно или более интенсивно отводится по металлу, чем по дереву, ввиду разной тепловой активности веществ, хотя температура металла и дерева одинаковы.

Для наглядности выделим несколько строительных, теплоизоляционных материалов и металлов, имеющих определенные значения плотности ρ, теплопроводности λ, удельной весовой теплоемкости c, объемной теплоемкости ($c\rho$), температуропроводности a, а также вычисленные по формулам значения тепловой инерции b и тепловой активности b_*.

Согласно физическим среднестатистическим данным для человека, независимо от веса и роста, сопоставимость тепловой активности b_* с тепловой активностью воды и строительных материалов отмечает превышение примерно в 2,5 раза тепловой активности теплоизоляционных материалов, но при этом в 10–20 раз меньше, чем у металлов. Кроме того, установлено, что тепловая активность металлов в десятки раз выше, чем у основных строительных и других материалов, а тепловая активность стали и дерева различаются в 23 раза.

Известно, что температура тела человека имеет разную температуру (рука, стопа, туловище). Точно можно утверждать, что увеличение амплитуды колебания температуры окружающей среды (воды, воздуха, стенки) в большую или меньшую сторону от комфортного ощущения (или отсутствия температурных ощущений) приводит вначале к восприятию температуры, потом к дискомфорту, а затем (в течение определенного времени) к появлению ощущения боли, и в конечном итоге – наступлению болевого порога.

Сформулируем закон температурного ощущения: температурное ощущение человека пропорционально логарифму раздражающей температуры:

$$E_T = a \cdot lg\,[(t_K + \vartheta_K)/t_K],\ \text{дБ},$$

где a – коэффициент; t_K – температура комфортного ощущения, 30 °С; ϑ_K – амплитуда колебания раздражающего температурного ощущения, °С.

Если принять коэффициент $a = 10$, а за температуру болевого ощущения принять амплитуду температур $\vartheta_K = 20$ °С, то есть ± 20 °С от $t_K = 30$ °С, т.е. соответственно при +10 °С и при +50 °С, относительно 30 °С, то закон температурного ощущения для уровня болевого ощущения будет иметь вид в децибелах:

$$E_{ТБ} = 10\,lg\,[(t_K + \vartheta_K)/t_K],$$
$$E_{ТБ} = 10\,lg\,[(30 + 20)/30] = 10\,lg\,(50/30),$$
$$E_{ТБ} = 10\,lg\,(1{,}666) = 10 \cdot 0{,}222 = 2{,}22\ \text{дБ}.$$

Таким образом, уровень болевого порога температурного ощущения человека, относительно минимального порога температурного комфортного ощущения $t_K = 30$ °С, составляет ± 2,22 дБ, т.е. $E_{ТБ} = \pm 2{,}22$ дБ = |2,22| дБ.

Минимальный порог температурного комфортного ощущения, соответственно при $t_K = 30$ °С и $\vartheta_K = 0$ °С, равен нулю:

$$E_{ТК} = 10\,lg\,[(30 + 0)/30] = 10\,lg\,1 = 0\ \text{дБ}.$$

Следовательно, любой уровень температурного ощущения E_T (дБ) представляет собой уровень (по абсолютному значению) над минимальным порогом комфортного температурного ощущения E_{TK} = 0 дБ, т.е. определяет относительный уровень температурного ощущения.

Технической задачей для обеспечения состояния комфортного температурного ощущения человека является расширение технологических возможностей использования теплозащитных материалов, определения их толщины и времени наступления температурных ощущений, вплоть до болевого порога. Особое значение при этом имеет термоизоляция и термопроводность материала, защищающего человека от избыточных температур.

Авторами (В.М. Фокин, А.В. Ковылин) разработан новый способ определения комплекса теплофизических характеристик материалов, термопроводности и термоизоляции [1; 2] с использованием температурных волн и волнового температурного числа. Также авторами (В.М. Фокин, А.В. Ковылин, А.Д. Попова) разработан новый способ определения эргономических характеристик теплозащитного материала [3].

Согласно теплозвуковой аналогии [1], патентов на изобретение [2; 3], безразмерный коэффициент термопроводности (или термопроводность $\alpha_{ТЕРМ}$) характеризует долю отношения прошедшей через вещество (теплозащитный материал) энергии температурной волны (Дж) к энергии, поступающей на наружную поверхность теплозащитного материала, и зависит от толщины материала δ (м) и от волнового температурного числа материала k_T.

Согласно теплозвуковой аналогии [1] установлено, что с увеличением толщины δ материала или с уменьшением значений температуропроводности a вещества (материала) волновое температурное число k_T увеличивается, термопроводность теплоизолятора $\alpha_{ТЕРМ}$ становится меньше, а термоизоляция $R_{ТЕРМ}$ для данного случая использования теплозащитного материала становится больше, и, как следствие, более энергоэффективной для обеспечения комфортных условий для человека.

С увеличением термопроводности $\alpha_{ТЕРМ}$ термоизоляция $R_{ТЕРМ}$ уменьшается и будет считаться менее энергоэффективной, например, в процессе воздействия избыточной температуры на тело человека.

Следовательно, термоизоляция теплозащитного материала $R_{ТЕРМ}$ более эффективна при большей толщине теплозащитного материала δ и меньшем значении температуропроводности вещества (материала) a.

Возникает вопрос, зависит ли температуропроводность вещества от скорости нагрева при одинаковом начальном и конечном температурном режиме. Для ответа на этот вопрос были проведены испытания для оргстекла (как эталонного материала в теплофизических исследованиях) с различной скоростью нагрева путем изменения мощности нагревателя. Обработка термограмм показала, что температуропроводность образца (пластины) из оргстекла имеет некоторую зависимость от скорости его нагрева.

Скорость или темп нагрева пластины определялась для двух режимов:

– нагрев пластины одновременно с нагревателем и темпом: 0,012 °С/с;

– нагрев пластины при соприкосновении с предварительно нагретым (горячим) нагревателем с темпом нагрева: 0,025 °С/с.

Физический эксперимент показал, что для температуры нагрева 50 °С температуропроводность оргстекла с удельной плотностью ρ = 1180 кг/м^3 соответственно составила:

– a = 0,125 · 10–6 (м^2/с) при темпе нагрева T = 0,012 °С/с;

– a = 0,136 · 10–6 (м^2/с) при темпе нагрева T = 0,025 °С/с.

Многократное повторение опыта не изменило указанных значений температуропроводности оргстекла. Настоящим исследованием не ставилась задача дать объяснение зависимости температуропроводности от скорости нагрева. Следует лишь заметить, что ТФС материалов зависят от плотности, а даже самые максимальные скорости в представленных опытах были далеки от тех, с которыми связывают необходимость учета инерционных свойств вещества.

Наиболее близким по технической сущности решением защиты человека от избыточных температур или тепловых потоков является «Способ определения реакции человека при контакте с поверхностями» (ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015), в соответствии с которым установлены пороговые значения температуры возникновения ожогов (болевого порога) при контакте кожи человека с горячей твердой поверхностью. Известен «Способ определения реакции человека при контакте с поверхностями» (ГОСТ Р ИСО 13732-2-2008) в соответствии с

которым для определения тепловых ощущений определяют потерю энергии, которую измеряют с использованием искусственной ноги, соприкасающейся с нагретой поверхностью.

Учебник по медицине [6] констатирует температуру комфортного ощущения человека +30…+32 °С, что соответствует средней температуре кожи человека в комфортных температурных условиях.

Согласно ГОСТ Р ИСО 13732-3-2013, температура охлажденной поверхности, при которой наступают болевые ощущения человека, составляет +10 °С.

Согласно ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015, температура среды или нагретой поверхности, при которой наступают болевые ощущения человека, составляет +50 °С.

Настоящая работа посвящена изучению эргономических температурных ощущений человека, характеристик теплозащитных материалов, основанных на теплозвуковой аналогии [1; 2; 4; 5], и способов определения эргономических характеристик теплозащитного материала [3].

Важно отметить, что температурное восприятие человека зависит от температуропроводности веществ, материалов и изделий – теплоизоляторов. Именно температуропроводность (как теплофизический параметр) является паспортной характеристикой существующих и вновь разрабатываемых материалов, а как теплофизический параметр является эффективным инструментом в научных исследованиях.

Литература

1. Фокин, В.М. Теплозвуковая аналогия / В.М. Фокин, А.В. Ковылин, Д.Г. Усадский. – СПб. : Наукоемкие технологии, 2023. – 263 с.

2. Патент № 2811362 C1 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ определения комплекса теплофизических, акустических и механических характеристик твердых строительных материалов : заявл. 21.09.2023 : опубл. 11.01.2024 / В.М. Фокин, А.В. Ковылин.

3. Патент № 2852241 C1 Российская Федерация, МПК G01N 25/18, G01N 25/72. Способ определения эргономических характеристик теплозащитного материала (варианты) : заявл. 19.03.2025 : опубл. 05.12.2025 / В.М. Фокин, А.В. Ковылин, А.Д. Попова.

4. Зубарев, К.П. Обзор экспериментальных методов исследования теплотехнических параметров ограждающих конструкций / К.П. Зубарев, Ю.С. Зобнина, Ю.А. Сапронова, П.К. Туровец // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2023. – № 10(169). – С. 53–57.

5. Заварзин, Н.Ю. Обследование тепловой защиты здания / Н.Ю. Заварзин, К.П. Зубарев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – С. 32–40.

6. Покровский, В.М. Физиология человека. Медицина : учебник / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько. – М., 2003. – 656 с.

7. ГОСТ Р ИСО 13732-3-2013. Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 3. Контакт с холодными поверхностями.

8. ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015. Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности.

References

1. Fokin, V.M. Teplozvukovaya analogiya / V.M. Fokin, A.V. Kovylin, D.G. Usadskij. – SPb. : Naukoemkie tekhnologii, 2023. – 263 s.

2. Patent № 2811362 C1 Rossijskaya Federatsiya, MPK G01N 25/18. Sposob opredeleniya kompleksa teplofizicheskikh, akusticheskikh i mekhanicheskikh kharakteristik tverdykh stroitelnykh materialov : zayavl. 21.09.2023 : opubl. 11.01.2024 / V.M. Fokin, A.V. Kovylin.

3. Patent № 2852241 C1 Rossijskaya Federatsiya, MPK G01N 25/18, G01N 25/72. Sposob opredeleniya ergonomicheskikh kharakteristik teplozashchitnogo materiala (varianty) : zayavl. 19.03.2025 : opubl. 05.12.2025 / V.M. Fokin, A.V. Kovylin, A.D. Popova.

4. Zubarev, K.P. Obzor eksperimentalnykh metodov issledovaniya teplotekhnicheskikh parametrov ograzhdayushchikh konstruktsij / K.P. Zubarev, YU.S. Zobnina, YU.A. Sapronova, P.K. Turovets // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 10(169). – S. 53–57.

5. Zavarzin, N.YU. Obsledovanie teplovoj zashchity zdaniya / N.YU. Zavarzin, K.P. Zubarev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – S. 32–40.

6. Pokrovskij, V.M. Fiziologiya cheloveka. Meditsina : uchebnik / V.M. Pokrovskij, G.F. Korotko. – M., 2003. – 656 s.

7. GOST R ISO 13732-3-2013. Ergonomika termalnoj sredy. Metody otsenki reaktsii cheloveka pri kontakte s poverkhnostyami. CHast 3. Kontakt s kholodnymi poverkhnostyami.

8. GOST R ISO 13732-1-2015. Ergonomika termalnoj sredy. Metody otsenki reaktsii cheloveka pri kontakte s poverkhnostyami. CHast 1. Goryachie poverkhnosti.

© В.М. Фокин, А.Д. Попова, А.В. Ковылин, 2026

УДК 626+004.8

МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ф.Е. ПОСАДСКОВ, С.Н. РЕДНИКОВ

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;
ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект; машинное обучение; гидротехнические сооружения; мониторинг; компьютерное зрение.

Аннотация: Целью статьи является анализ использования искусственного интеллекта в гидротехническом строительстве. Искусственный интеллект с каждым днем получает все более активное развитие, открывая новые возможности для оптимизации проектирования, строительства и мониторинга гидротехнических сооружений. Новые методы, такие как компьютерное зрение, интернет вещей, виртуальные двойники, генеративно-состязательные модели, позволяют возводить и следить за состоянием строений с крайне высокой точностью и качеством. В данной статье были изучены новейшие методы применения технологий искусственного интеллекта для проектирования, строительства и мониторинга гидротехнических сооружений. Проведен анализ зарубежных материалов и опыт применения технологий ИИ на практике.

Гидротехническое строительство – одна из ключевых отраслей инфраструктуры, включающая возведение плотин, дамб, каналов, водохранилищ и других гидросооружений. Их проектирование и строительство требуют высокой точности, учета множества факторов и минимизации рисков. Также после возведения гидротехнического сооружения необходимо следить за его техническим состоянием и предотвращать возможные аварии. Традиционные методы проектирования и мониторинга требуют больших временных и финансовых затрат, а также подвержены человеческим ошибкам. Внедрение искусственного интеллекта (**ИИ**) позволяет оптимизировать процессы, повысить точность расчетов и минимизировать риски, а также усилить безопасность, эффективность и экономичность строительства.

Проектные решения, принимаемые с помощью ИИ

Современные алгоритмы машинного обучения, такие как генеративно-состязательные сети (***GAN***), позволяют создавать множество вариантов проектов гидросооружений с учетом геологических, гидрологических и климатических условий. ИИ анализирует исторические данные и предлагает оптимальные конструкции, снижая затраты на материалы и повышая надежность. Машинное обучение и нейросетевые алгоритмы позволяют анализировать огромные массивы данных, включая геодезические съемки, гидрологические и геологические отчеты, климатические и гидрогеологические модели, чтобы выбрать оптимальное место для строительства. Например, алгоритмы могут прогнозировать, как изменение русла реки или повышение уровня осадков повлияет на будущую плотину, и предлагать конструктивные решения, минимизирующие риски. Кроме того, ИИ используется для оптимизации форм и материалов конструкций. Генетические алгоритмы, имитирующие естественный отбор, перебирают тысячи вариантов проектов, отсеивая неудачные и оставляя наиболее эффективные с

точки зрения прочности, стоимости и долговечности. Это особенно важно при работе с бетонными смесями, где даже небольшие изменения состава могут значительно повлиять на устойчивость к эрозии и перепадам температур. Для бетонных сооружений разработаны интеллектуальные системы виброуплотнения, которые адаптивно изменяют параметры обработки бетонной смеси в зависимости от ее текущих реологических свойств.

На этапе изыскательских работ нейросетевые алгоритмы демонстрируют особую эффективность при обработке данных дистанционного зондирования Земли.

Спутниковые снимки и материалы аэрофотосъемки, обработанные с помощью компьютерного зрения, позволяют с беспрецедентной точностью анализировать рельеф местности, русловые процессы и геодинамические риски. Например, алгоритмы глубинного обучения способны выявлять потенциальные зоны оползневой активности или карстовых процессов, которые могут представлять угрозу для будущего сооружения.

При этом современные системы обработки естественного языка (***NLP***) автоматизируют анализ архивных гидрологических, геологических и гидрогеологических данных, извлекая ценную информацию из технических отчетов и научных публикаций прошлых лет.

Не менее важным аспектом является контроль качества строительства. Современные гидротехнические объекты оснащаются системами компьютерного зрения, которые с помощью дронов и стационарных камер отслеживают каждый этап возведения сооружения.

ИИ анализирует изображения в реальном времени, выявляя трещины, отклонения от проектной документации или нарушения технологии монтажа. Это позволяет оперативно вносить коррективы, избегая дорогостоящих исправлений и поправок на поздних стадиях строительства.

Кроме того, предиктивная аналитика на основе ИИ помогает прогнозировать потенциальные проблемы, такие как просадка фундамента или коррозия арматуры, что особенно актуально для объектов, эксплуатирующихся в агрессивных средах. В частности, при возведении грунтовых плотин алгоритмы глубокого обучения в реальном времени анализируют плотность отсыпаемого грунта, автоматически корректируя режимы укладки и уплотнения.

Методики ИИ, применяемые на этапе проектирования

Нейросетевые модели имеют широкий перечень функций для прогнозирования, например Компания *Autodesk* использует ИИ в *Civil* 3*D* для автоматического анализа устойчивости склонов и выбора наилучших мест для строительства [5].

Данные алгоритмы анализируют следующие параметры:

– нагрузки на плотины при различных сценариях паводков;

– деформации грунтов и бетонных конструкций;

– возможное влияние гидрогеологических условий на тело плотины и грунты;

– влияние сейсмической активности и т.д.

В процессе проектирования набирают популярность интеграции ИИ с технологиями цифровых двойников. Создание виртуальных копий будущих гидроузлов позволяет проводить многовариантное моделирование в условиях различных сценариев эксплуатации [3].

Создание виртуальных копий гидросооружений позволяет:

– тестировать различные сценарии эксплуатации;

– моделировать последствия ЧС (прорыв дамбы, наводнение);

– корректировать проекты в режиме реального времени.

Помимо этого, генетические алгоритмы, имитирующие естественный отбор, перебирают тысячи вариантов проектов, отсеивая неудачные и оставляя наиболее эффективные с точки зрения прочности, стоимости и долговечности. Особый интерес представляют генеративно-состязательные сети, которые способны предлагать инновационные архитектурно-конструктивные решения, выходящие за рамки традиционных подходов. Одновременно нейронные сети оптимизируют параметры работы гидромеханического оборудования, учитывая прогнозируемые изменения гидрологического режима на десятилетия вперед.

Мониторинг и диагностика гидротехнических сооружений

В области мониторинга эксплуатационного состояния ИИ-технологии открывают новые горизонты для предиктивного обслуживания.

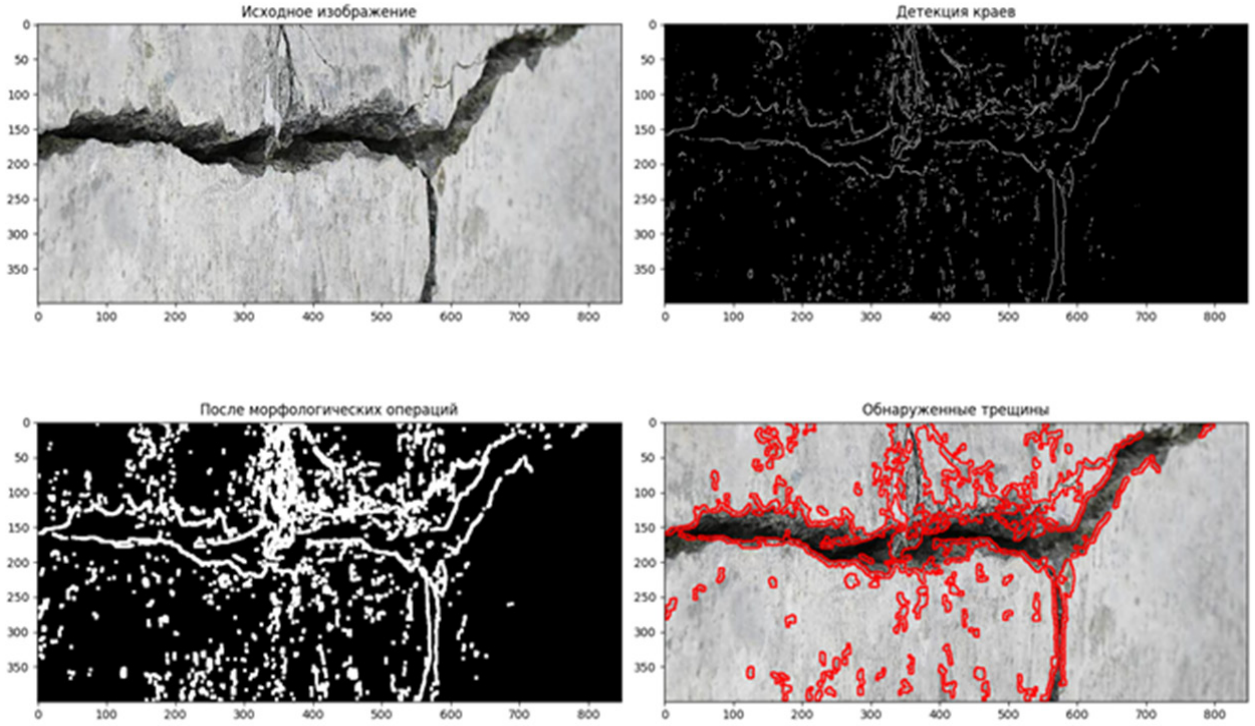

Рис. 1. Пример использования системы искусственного интеллекта для выявления трещин в бетонных основаниях

Традиционные методы контроля, основанные на периодических визуальных осмотрах и датчиковых измерениях, обладают рядом ограничений: высокая трудоемкость, запаздывание в обнаружении дефектов и зависимость от человеческого фактора. Внедрение технологий искусственного интеллекта позволяет значительно повысить эффективность мониторинга за счет автоматизации анализа данных, прогнозирования деформаций и раннего выявления аномалий [1].

Один из ключевых методов внешнего мониторинга – применение компьютерного зрения на основе нейронных сетей для анализа изображений и видео с камер, дронов и подводных роботов. Алгоритмы сверточных нейронных сетей (***CNN***) и семантической сегментации позволяют автоматически обнаруживать трещины, коррозию, размывы и другие дефекты конструкций.

Для примера приведен рисунок (рис. 1), демонстрирующий методику обработки фотографии с помощью технологии компьютерного зрения. Как мы можем увидеть, алгоритм улучшает качество фотографии, применяет фильтры для увеличения контрастности, уменьшает шумы и корректирует освещение для того чтобы трещины стали более заметными. Если модели обучались на большом наборе данных, то они определяют характерные признаки трещин (форму, направление, длину и ширину) и после относят их к определенным категориям (микротрещины, крупные трещины, сетчатые трещины, сколы), при этом выделяя их контуры. На основе предустановленных критериев система определяет уровень опасности дефектов и их влияние на структурную целостность бетона. По полученным данным система создает отчет с деталями обнаруженных дефектов, включая их расположение, параметры и рекомендации по ремонту.

К системам внутреннего мониторинга можно отнести технологию интернета вещей (***IoT***), где распределенные сети оптоволоконных датчиков, установленные в критических узлах, в сочетании с алгоритмами обработки сигналов позволяют определять микротрещины и дефекты, передают данные о деформациях, давлении воды, фильтрации и других параметрах на ранней стадии их возникновения. Машинное обучение обрабатывает эти данные, выявляя аномалии и предупреждая о возможных отказах. Многоагентные системы на базе ИИ координи-

руют работу сотен датчиков, выявляя сложные корреляции между различными параметрами состояния сооружения.

Например, изменение характера фильтрационных потоков через тело плотины может быть своевременно обнаружено и проанализировано без вмешательства человека. Эти системы могут передавать данные на цифровые двойники (*Digital Twins*) гидротехнического сооружения, синхронизируя данные алгоритмы, также анализируют, моделируют сценарии и предлагают оптимальные решения.

Для предсказания возможных деформаций и утечек используются методы регрессионного анализа, градиентного бустинга (*XGBoost*, *LightGBM*) и рекуррентных нейронных сетей (***RNN***). Эти алгоритмы обрабатывают данные с датчиков вибрации, давления, уровня воды и других сенсоров, выявляя скрытые закономерности.

В исследовании Смирновой и Лебедева (2022) показано, что машинное обучение позволяет прогнозировать осадку плотин с точностью до 92 %, что критически важно для предотвращения катастроф [2].

Глубокое обучение применяется для интерпретации сигналов акустической эмиссии и георадаров, что особенно актуально для подземных и подводных конструкций.

Например, *U-Net* архитектуры успешно сегментируют дефекты в толще бетона, а трансформерные модели (*BERT*, *ViT*) улучшают точность классификации типов повреждений.

На гидроэлектростанциях нейросети анализируют вибрации турбин, чтобы обнаружить износ подшипников или дисбаланс лопастей до того, как это приведет к аварии.

Аналогичные системы используются для оценки остаточного ресурса сооружений, что помогает планировать ремонты и продлевать срок службы объектов без риска для безопасности [6].

Перспективным направлением является разработка автономных подводных аппаратов с ИИ для инспекции подводных частей гидросооружений.

Оснащенные камерами высокого разрешения и гидролокаторами, эти роботы могут самостоятельно обследовать подводные части конструкции, идентифицировать области коррозии или обрастания, составляя детальные карты технического состояния.

Опыт применения ИИ в гидротехническом строительстве

Одним из ярких примеров использования ИИ в проектировании гидротехнических сооружений является китайская плотина Байхэтань, входящая в число крупнейших в мире. При ее создании инженеры компании *PowerChina* задействовали нейросетевые модели, которые анализировали устойчивость конструкции под различными нагрузками, включая сейсмические воздействия. Алгоритмы машинного обучения помогли спрогнозировать усадку бетона и возможное образование трещин, что позволило скорректировать проект на ранних стадиях.

В результате применение ИИ сократило затраты на строительство на 15 % и ускорило процесс проектирования [4].

Другой пример – ранее упомянутые программные решения компании *Autodesk* (США), которые используют генеративный дизайн для поиска оптимальных форм гидротехнических сооружений с учетом гидродинамики, минимизации расхода материалов и экологических требований [5].

Также имеется опыт применения ИИ в мониторинге гидротехнических сооружений.

В Норвегии компания *SINTEF* внедрила систему раннего предупреждения аварий на ГЭС, основанную на искусственных нейронных сетях. Эти сети в реальном времени анализируют данные с датчиков, отслеживая вибрации плотин, уровень воды, давление и температурные колебания. При обнаружении аномалий система мгновенно оповещает операторов, предотвращая потенциальные катастрофы.

Еще один впечатляющий пример – китайская плотина «Три ущелья» в провинции Хубэй, где ИИ-алгоритмы обрабатывают спутниковые снимки и данные с дронов, выявляя микротрещины, проседание фундамента и коррозию бетона. Это позволяет проводить своевременный ремонт, избегая серьезных повреждений [9].

Для плотины Гувера (США) используется виртуальная копия, которая в реальном времени анализирует уровень воды в дамбе и напряжение бетона. Подобные модели использовались в кейсах компаний *Siemens* и *Bentley Systems* для мониторинга плотин в Европе и Азии. По результатам демонстрировалось снижение эксплуатационных затрат на 15–20 % за счет предиктивного обслуживания [10].

Рассматривая отечественный опыт применения технологии ИИ, можно выделить Саяно-Шушенскую ГЭС, где применялись технологии компьютерного зрения для диагностики состояния ГЭС, что сократило время инспекции на 40 %. Аналогичен опыт применения ИИ-оптимизации на строительстве Нижне-Бурейской ГЭС [7; 8].

Заключение

Потенциал ИИ в гидротехническом строительстве огромен. Он позволяет не только строить более надежные и экономичные объекты, но и продлевать их срок службы, прогнозируя износ и своевременно устраняя проблемы.

Будущее отрасли – в симбиозе человеческого опыта и возможностей искусственного интеллекта, где инженеры принимают решения на основе точных данных, а алгоритмы берут на себя рутинные расчеты и мониторинг.

Однако внедрение ИИ в гидротехнику сопряжено и с определенными проблемами. Качество работы алгоритмов напрямую зависит от объема и точности входных данных, а их сбор и обработка требуют значительных ресурсов.

Помимо этого, важным аспектом является подготовка кадров для цифровой гидротехники. Необходимо обладать не только традиционными профильными знаниями, но и компетенциями в области работы с ИИ-инструментами. Ведущие технические университеты уже начали внедрять соответствующие образовательные программы, сочетающие гидротехническую подготовку с изучением методов машинного обучения, но на данный момент эти программы только развиваются и тестируются. Несомненно, в скором времени по мере развития теоретической и практической базы, искусственный интеллект будет более активно применяться и развиваться не только в гидротехническом строительстве, но и в строительстве в целом.

Литература

1. Коваленко, С.В. Автоматизация и управление гидромелиоративных систем с использованием технологий искусственного интеллекта / С.В. Коваленко // Сборник статей по материалам Научного форума: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024. Т. 4. – М. : РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 44–46.

2. Liu, J. AI-Assisted Monitoring and Prediction of Structural Displacements in Large-Scale Hydropower Facilities / J. Liu, C. Gu, J. Wang, Y. Dong, S. Huang // Water. – 2025. – Vol. 17. – Iss. 20. – P. 2996. – DOI: 10.3390/w17202996.

3. Qiu, J. Dynamic Response-Based Safety Monitoring and Damage Identification of Concrete Arch Dams via PSO–LSTM / J. Qiu, W. He, C. Long, Y. Zhang, X. Liu, P. Xu, L. Sun, C. Zhang, L. Cheng, W. Lu // Sensors. – 2026. – Vol. 26. – Iss. 4. – P. 1136. – DOI: 10.3390/s26041136.

4. Shao, C. Research Progress in Remote Sensing, Artificial Intelligence and Deep Learning in Hydraulic Structure Safety Monitoring / C. Shao, H. Gu, Y. Xu, H. Chen, X. Qin, G. Yang // Water. – 2024. – Vol. 16. – Iss. 16. – P. 2230. – DOI: 10.3390/w16162230.

5. Симутин, А.Н. Применение системы «Монитрон» на бетонных гравитационных и арочных плотинах / А.Н. Симутин, А.В. Дейнеко, Г.М. Медведев // Гидротехника. – 2025. – № 3. – С. 50–52. – EDN: MWDVOV.

6. Снежко, В.Л. Прогноз технического состояния низконапорных грунтовых плотин с использованием методов машинного обучения / В.Л. Снежко, П.Е. Хомячков // Природообустройство. – 2026. – № 1. – С. 55–62. – DOI: 10.26897/1997-6011-2026-1-55-62.

7. Хорошилов, В.С. Автоматизированный учет инерционного запаздывания в прогнозных математических моделях для изучения деформационного состояния высотных плотин / В.С. Хорошилов, Н.Н. Кобелева // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30. – № 6. – С. 18–26. – DOI: 10.33764/2411-1759-2025-30-6-18-26.

8. Zhang, Y. AF-OS-ELM-MVE: A new online sequential extreme learning machine of dam safety monitoring model for structure deformation estimation / Y. Zhang, W. Zhang, Y. Li, L. Wen, X. Sun // Advanced Engineering Informatics. – 2024. – Vol. 60. – P. 102345. – DOI: 10.1016/j.aei.2023.102345.

9. РусГидро. Опыт использования компьютерного зрения для диагностики Саяно-Шушен-

ской ГЭС, 2023. – 60 с.

10. НИИЭС. Анализ эффективности ИИ-оптимизации на строительстве Нижне-Бурейской ГЭС, 2022. – 45 с.

References

1. Kovalenko, S.V. Avtomatizatsiya i upravlenie gidromeliorativnykh sistem s ispolzovaniem tekhnologij iskusstvennogo intellekta / S.V. Kovalenko // Sbornik statej po materialam Nauchnogo foruma: Ekonomika, upravlenie i tsifrovye tekhnologii v APK-2024. T. 4. – M. : RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2024. – S. 44–46.

5. Simutin, A.N. Primenenie sistemy «Monitron» na betonnykh gravitatsionnykh i arochnykh plotinakh / A.N. Simutin, A.V. Dejneko, G.M. Medvedev // Gidrotekhnika. – 2025. – № 3. – S. 50–52. – EDN: MWDVOV.

6. Snezhko, V.L. Prognoz tekhnicheskogo sostoyaniya nizkonapornykh gruntovykh plotin s ispolzovaniem metodov mashinnogo obucheniya / V.L. Snezhko, P.E. KHomyachkov // Prirodoobustrojstvo. – 2026. – № 1. – S. 55–62. – DOI: 10.26897/1997-6011-2026-1-55-62.

7. KHoroshilov, V.S. Avtomatizirovannij uchet inertsionnogo zapazdyvaniya v prognoznykh matematicheskikh modelyakh dlya izucheniya deformatsionnogo sostoyaniya vysotnykh plotin / V.S. KHoroshilov, N.N. Kobeleva // Vestnik SGUGiT. – 2025. – T. 30. – № 6. – S. 18–26. – DOI: 10.33764/2411-1759-2025-30-6-18-26.

9. RusGidro. Opyt ispolzovaniya kompyuternogo zreniya dlya diagnostiki Sayano-SHushenskoj GES, 2023. – 60 s.

10. NIIES. Analiz effektivnosti II-optimizatsii na stroitelstve Nizhne-Burejskoj GES, 2022. – 45 s.

© Ф.Е. Посадсков, С.Н. Редников, 2026

УДК 69.059.2

КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЪЕКТОВ ПОСЛЕ ВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.А. РУДЕНКО

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: восстановительный ремонт; взрывное воздействие; продолжительность работ; уравнение регрессии.

Аннотация: В статье рассмотрены факторы, влияющие на продолжительность восстановительного ремонта зданий, поврежденных взрывом, с разработкой уравнения регрессии, позволяющего оценить степень влияния факторов на указанное. Разработаны методология и концепция восстановительного ремонта, предложен состав сил и средств в зависимости от вида ремонта. Наиболее значимыми факторами определены: объем строительно-монтажных работ (**СМР**), степень разрушения объекта, уровень технической сложности, сложность СМР, уровень возможного техногенного загрязнения.

Существующие условия функционирования опасных производственных предприятий характеризуются значительным числом рисков различного вида и степени, в том числе связанных с опасностью их повреждения от различных источников взрыва, что в последующем влечет за собой необходимость их ремонта. Вопросы ремонтно-восстановительных работ в своих исследованиях рассматривали многие специалисты, в том числе А.Н. Бирюков, В.Я. Мищенко, П.Н. Анисимов, А.Ф. Юдина, Ю.Н. Казаков, А.А. Лапидус, А.И. Мартемьянов, П.П. Олейник, Б.В. Сендеров, Д.В. Топчий, В.А. Шолохов, К.А. Шрейбер, *B. Carney*, *A. Hay*, *N. Martin*, *S. Cooperwhite*, *R. Hamilton*, *R. Marshall* и др. Вместе с тем целостной концепции, методологии и методического инструментария, указанного в настоящем времени, не сформировано.

Задачи исследования: выявить наиболее значимые факторы исследования с оценкой степени их влияния и разработкой уравнения регрессии; сформировать концепцию и основные положения методологии восстановительного ремонта зданий, поврежденных взрывом. Объектом настоящего исследования выступает процесс восстановительного ремонта объектов, поврежденных в результате взрывного воздействия, а предметом – основные элементы концепции восстановления.

Решение поставленных задач осуществлялось с использованием комплексной методики, объединяющей экспертно-аналитические исследования. Этапы исследования: формирование общей группировки факторов, которые могут влиять на результирующий показатель Твосст; выявление и ранжирование наиболее значимых факторов; регрессионный анализ; разработка уравнения регрессии и интерпретация его элементов; разработка концепции и основных элементов методологии восстановительного ремонта.

На основании статистических данных [1], результатов аналитической оценки на первом этапе сформирован массив факторов, влияющих на продолжительность восстановления зданий, как ключевой показатель эффективности процесса ремонта (табл. 1).

Для оценки эффективности восстановительного ремонта [2–4] принят главный показатель – прогнозируемая длительность работ ($Т_{восст}$), выраженная в относительных единицах для обеспечения сопоставимости результатов по различным объектам.

Таблица 1. Результаты ранжирования факторов экспертами

№	Наименование факторов риска	Эксперты						Σр	Вес
		1	2	3	4	5	6		
1	Качество проектной и рабочей документации для поврежденных объектов	5	4	1	5	2	10	27	0,021
2	Скорость оценки ущерба	16	13	15	9	9	17	79	0,0418
3	Обоснованность заключения технической экспертизы	3	5	10	10	1	9	38	0,0277
4	Сложность СМР	21	20	18	16	20	16	111	0,0705
5	Объем СМР	23	18	22	23	18	21	125	0,0754
6	Уровень стесненности и плотности застройки	13	16	7	7	8	20	71	0,0471
7	Возможность использования существующих транспортных коммуникаций	9	11	3	2	7	5	38	0,0240
8	Степень разрушения объекта и объем строительных отходов	22	17	21	22	19	23	124	0,0721
9	Объем и соответствие строительных материалов проектной документации	11	7	2	3	5	13	41	0,0296
10	Уровень квалификации рабочих и трудовая дисциплина	10	9	9	11	14	11	64	0,0303
11	Эффективность применяемых производственных технологий	4	1	12	13	6	8	44	0,0220
12	Уровень инноваций при выполнении работ	2	6	8	12	12	1	41	0,0286
13	Обеспеченность и производительность машин и оборудования	1	10	11	21	13	6	62	0,0332
14	Эффективность координации между службами (МЧС, администрация, подрядчики, ЖКХ)	17	21	17	19	23	12	109	0,0671
15	Уровень организации СМР	12	8	14	8	11	15	68	0,0412
16	Уровень компетенции ИТР	7	12	13	1	10	3	46	0,0234
17	Полнота инвестиционного обеспечения восстановительных работ	8	14	4	6	4	2	38	0,0326
18	Уровень технической сложности и уникальности объекта	20	23	19	17	21	22	122	0,0718
19	Район расположения объекта	14	3	16	15	3	4	55	0,0359
20	Уровень технического состояния	19	22	5	4	16	7	73	0,0455
21	Санитарно-эпидемиологическая обстановка (необходимость проведения дезинфекции)	15	15	20	20	17	14	101	0,05336
22	Экстренность проведения работ	6	2	6	14	15	19	62	0,0375
23	Уровень и вид техногенного загрязнения	18	19	23	18	22	18	118	0,0679

На основе полученных данных в настоящем исследовании построено линейное уравнение множественной регрессии, имеющее следующий вид:

$$T_{\text{восст}} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + \\ + b_5x_5 + b_6x_6,$$

где x_1 – объем СМР (балльная оценка); x_2 – степень разрушения (балльная оценка); x_3 – техническая сложность (балльная оценка); x_4 – сложность СМР (балльная оценка); x_5 – техногенное загрязнение (балльная оценка); x_6 – эффективность координации (балльная оценка); b_1, b_2, …, b_6 – коэффициенты регрессии, отражающие степень влияния каждого фактора; a – свободный член уравнения.

Расчет коэффициентов линейной регрессии



Рис. 1. Исходные предпосылки для разработки концепции организации восстановления поврежденных объектов от взрывного воздействия с учетом возможного загрязнения местности продуктами техногенных аварий

выполнялся с применением матричных операций и встроенных функций в среде *Microsoft Excel*.

На основе полученных коэффициентов разработано уравнение множественной регрессии:

$$T_{восст} = 0{,}119x_1 + 0{,}116x_2 + 0{,}060x_3 + + 0{,}105x_4 + + 0{,}066x_5 + 0{,}110x_6 - 0{,}467.$$

Для оценки качества построенной модели были рассчитаны показатели дисперсионного анализа [5; 6].

Общая сумма квадратов отклонений (***TSS*** – *total sum of squares*):

$$\sum_{i=1}^{m}\left(T_{восст\,i} - \overline{T}\right)^2 = 0,444.$$

Объясненная регрессией сумма квадратов (***RSS*** – *regression sum of squares*):

$$\sum_{i=1}^{m}\left(\hat{T}_{восст\,i} - \overline{T}\right)^2 = 0,442.$$

Остаточная сумма квадратов (***ESS*** – *error sum of squares*):

$$\sum_{i=1}^{m}\left(\hat{T}_{восст\,i} - T_i\right)^2 = 0,0016.$$

Проверка выполнения соотношения $TSS = RSS + ESS$ подтвердила корректность расчетов (0,444 = 0,442 + 0,0016).

Коэффициент детерминации R^2, рассчитанный по формуле:

$$R^2 = \frac{RSS}{TSS} = \frac{TSS - ESS}{TSS} = 1 - \frac{ESS}{TSS} = 0,996.$$

Критическое значение F-критерия при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ и степенях свободы $k_1 = 6$, $k_2 = 3$ составляет $F_{крит} = 2{,}92$.

Поскольку $F_{расч} = 69{,}44 > F_{крит} = 2{,}92$, нулевая гипотеза отклоняется, что при доверительной вероятности 95 % подтверждает статистическую значимость построенного уравнения регрессии и позволяет использовать разработанную модель в практических целях.

Главной целью восстановительного ремонта является восстановление строительных конструкций и объекта в целом до минимального безопасного уровня их эксплуатационного качества и прочностных характеристик с учетом планируемого срока эксплуатации [7].



Рис. 2. Разграничение и взаимосвязь областей восстановления поврежденных зданий и нового строительства, ремонта, реконструкции

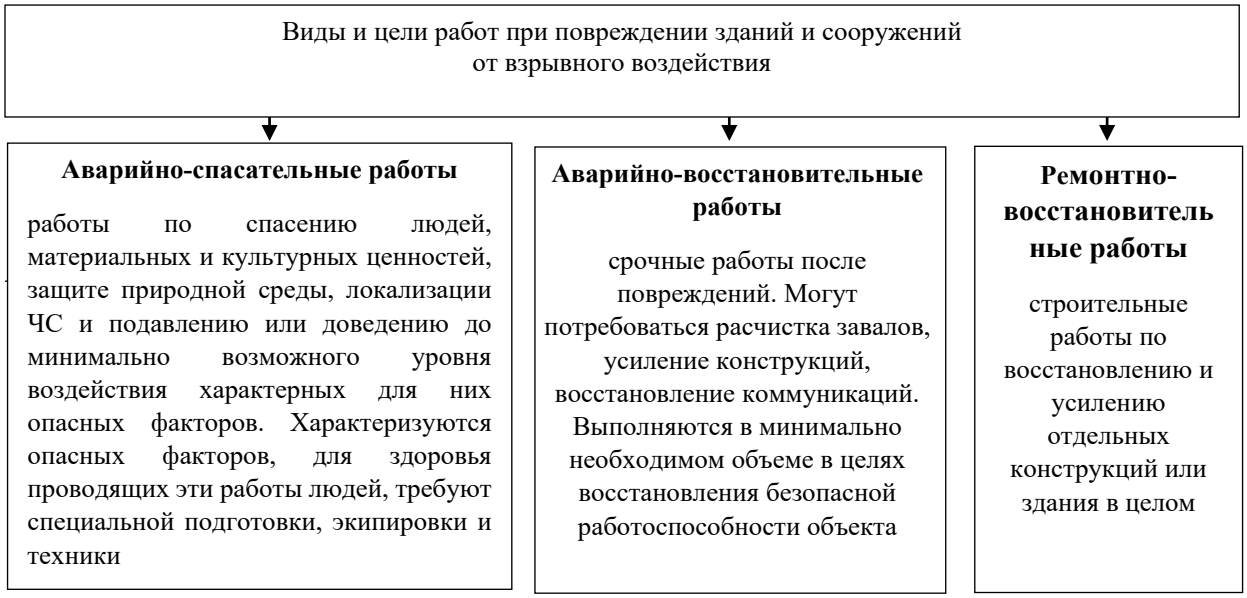

Рис. 3. Виды и цели работ при повреждении зданий и сооружений от взрывного воздействия

Исходные предпосылки для разработки концепции организации восстановления поврежденных объектов от взрывного воздействия представлены на рис. 1. Важным для настоящего исследования является вопрос о соотношении восстановления поврежденных зданий и нового строительства и ремонта.

Работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций имеют свою специфику, однако по своей сути соответствуют определению капитального ремонта. Этот тезис находит подтверждение и в разъяснениях Минстроя РФ.

Взаимосвязь всех видов восстановления, в том числе и восстановительного ремонта после взрывного воздействия и его позиционирование в общей системе восстановления, представлена на рис. 2 и 3.

Как и следует из данной модели (рис. 2, 3), восстановительные работы (ремонтно-восстановительные работы, восстановительный ремонт, восстановление зданий) являются видом капитального ремонта. В зависимости от степени аварийности объекта они могут быть начаты незамедлительно как этап «аварийных работ», при опасности существенного ухудшения прочностных характеристик или даже обрушения здания.

В случае отсутствия аварийной степени технического состояния объекта работы выполняются в рамках формализованных процедур

Таблица 2. Основные участники системы восстановления объектов

Наименование органа управления	Основные функции
1. МЧС России	Координация деятельности всех подразделений в процессе выполнения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ на поврежденных объектах
2. Министерства и ведомства, эксплуатирующие объекты	Реализация функций технического заказчика на выполнение работ по восстановлению поврежденных объектов, строительный контроль за выполнением строительно-монтажных работ
3. Минфин РФ	Согласование бюджетов эксплуатирующих министерств и ведомств на восстановительные работы. Осуществление контроля за целевым использованием выделяемых бюджетных средств
4. Минстрой РФ	Согласование специальных технических условий, сметных нормативов, нормативно-правовое регулирование, осуществление строительного контроля
5. Минтранс РФ	Взаимодействие с Минфином РФ, эксплуатирующими министерствами и ведомствами по восстановлению и строительству автомобильных дорог
6. Минэкономразвития	Координация с эксплуатирующими министерствами и ведомствами, Минфином РФ планов по техническому перевооружению и расширению
7. Органы исполнительной власти субъектов РФ	Взаимодействие с участниками инвестиционно-строительных проектов по восстановлению здания
8. Подрядные организации	Инжиниринговые, изыскательские, проектные, строительно-монтажные: выполняют подрядные аварийно-восстановительные и ремонтно-восстановительные работы
9. Банки и страховые организации	Осуществляют кредитование и страхование восстановительных работ
10. Другие участники процесса	Выполняют обязанности в соответствии с договорами

капитального ремонта, а именно: инженерные изыскания; техническое обследование объекта; разработка проектно-сметной документации; выполнение восстановительного ремонта объекта, в том числе и его инженерных систем.

Состав основных участников инвестиционно-строительных проектов по восстановлению поврежденных зданий представлен в табл. 2.

С целью обеспечения гибкости и своевременного реагирования концепции на изменяющиеся внешние условия (технологические, нормативные, организационные) в последующем потребуется разработка инструментария для реализации указанного.

Таким образом, восстановление поврежденных объектов от взрывного воздействия следует понимать как совокупность организационно-технологических операций, целью которых является приведение объекта восстановления в работоспособное, допустимое для эксплуатации состояние с учетом действующего актуального регламента в сфере строительства; относить данный вид работ к категории капитального ремонта, выполняемого в чрезвычайных условиях.

В соответствии с полученными в исследовании результатами можно сделать следующие выводы.

В ходе работы предложен интегральный показатель – прогнозируемая продолжительность восстановительного ремонта ($T_{восст}$), позволяющий оценивать временные затраты на восстановление объектов после взрывного воздействия.

Выявлены факторы, воздействующие на продолжительность восстановительного ремонта объектов после взрывного воздействия, с их классификацией по четырем группам: ресурсное обеспечение, кадровое обеспечение, характеристики объекта и условия производства работ, управление и координация.

На основе полученной совокупности данных методом наименьших квадратов составлено уравнение множественной регрессии:

$$T_{восст} = 0{,}119x_1 + 0{,}116x_2 + 0{,}060x_3 + 0{,}105x_4 +$$

$$+ 0{,}066x_5 + 0{,}110x_6 - 0{,}467.$$

Данная модель является развитием аналитических методов, предложенных автором ранее [3], и может служить инструментом поддержки принятия решений при планировании, аналогично подходам, используемым для оценки затрат на восстановление инфраструктуры [4].

Уточнен понятийный аппарат в сфере восстановления объектов после взрывного воздействия. Предложено рассматривать восстановительный ремонт как комплекс организационно-технологических операций, целью которых является приведение объекта в работоспособное состояние, что согласуется с классическими подходами к восстановлению разрушенных зданий и современными представлениями об усилении и замене поврежденных элементов.

Предложена концепция и основные элементы методологии восстановительного ремонта.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанной регрессионной модели при планировании восстановительных работ после взрывных воздействий, что позволит более точно оценивать временные затраты, оптимизировать распределение ресурсов.

Полученные результаты могут быть использованы органами МЧС, проектными и строительными организациями, экспертными учреждениями при разработке планов ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и организации восстановительных работ на поврежденных объектах.

Статья подготовлена в рамках НИР 2026 г. СПбГАСУ «Разработка и моделирование параметров строительных процессов при модернизации опасных производственных объектов с учетом технических и экологических рисков».

Литература

1. Данелян, Т.Я. Формальные методы экспертных оценок / Т.Я. Данелян // Экономика, Статистика и Информатика. – 2015. – № 1. – С. 183–187.
2. Михно, Е.П. Восстановление зданий / Е.П. Михно. – М. : Воениздат, 1984. – 272 с.
3. Суй, В. Система интервальных шкал и критериев для анализа факторов риска при строительстве и восстановлении технически сложных объектов / В. Суй, А.А. Руденко // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 5(188). – С. 133–139.
4. Руденко, А.А. Организационно-технологические и конструктивные решения по восстановлению, ремонту, усилению и замене поврежденных элементов зданий : монография / А.А. Руденко. – Курск : Университетская книга, 2025. – 74 с.
5. Парамонов, М.Ю. Структура автоматизированной оценки технического состояния объекта капитального строительства / М.Ю. Парамонов, И.А. Горшков // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 8(191). – С. 60–64.
6. Kagan, P. Theory and practice of organizational and technological design in construction / P. Kagan // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2023. – Т. 389. – P. 06013.
7. Lufkin, P.S. Estimating the Restoration and Modernization Costs of Infrastructure and Facilities / P.S. Lufkin, A. Desai, J. Janke // Public Works Management and Policy. – 2016. – Vol. 10. – P. 40–52.

References

1. Danelyan, T.YA. Formalnye metody ekspertnykh otsenok / T.YA. Danelyan // Ekonomika, Statistika i Informatika. – 2015. – № 1. – S. 183–187.
2. Mikhno, E.P. Vosstanovlenie zdanij / E.P. Mikhno. – M. : Voenizdat, 1984. – 272 s.
3. Suj, V. Sistema intervalnykh shkal i kriteriev dlya analiza faktorov riska pri stroitelstve i vosstanovlenii tekhnicheski slozhnykh obektov / V. Suj, A.A. Rudenko // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 5(188). – S. 133–139.
4. Rudenko, A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskie i konstruktivnye resheniya po vosstanovleniyu, remontu, usileniyu i zamene povrezhdennykh elementov zdanij : monografiya / A.A. Rudenko. – Kursk : Universitetskaya kniga, 2025. – 74 s.

5. Paramonov, M.YU. Struktura avtomatizirovannoj otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya obekta kapitalnogo stroitelstva / M.YU. Paramonov, I.A. Gorshkov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 8(191). – S. 60–64.

© А.А. Руденко, 2026

УДК 338.48:528.8:004.85:502.131.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ДИСТАНЦИОННОМУ СКРИНИНГУ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНО-ТУРИСТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ АЛТАЯ, КАМЧАТКИ И КРАСНОЙ ПОЛЯНЫ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ИНДЕКСОВ

А.С. АБРАМОВА, Д.О. ДРЫГА

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва

Ключевые слова и фразы: BSI; *NDVI*; *NDBI*; *Random Forest*; *Sentinel*-2; дистанционное зондирование; природно-туристический кластер; устойчивость.

Аннотация: Цель исследования состоит в разработке методических подходов к предварительному дистанционному скринингу устойчивости природно-туристических кластеров Алтая, Камчатки и Красной Поляны на основе спутниковых индексов. Гипотеза исследования заключается в том, что совместное использование *NDVI*, *NDBI* и *BSI* позволяет выявлять признаки изменения растительного покрова, застроенности и открытых поверхностей, однако эти показатели требуют экспертной интерпретации и не являются самостоятельным доказательством экологической устойчивости или деградации территории. В работе решены задачи по обоснованию методической роли спутниковых индексов, построению алгоритма дистанционного скрининга, уточнению вспомогательной функции *Random Forest* и сопоставлению профилей устойчивости трех кластеров. Использованы методы анализа научной литературы, расчета спектральных индексов *Sentinel*-2, нормирования показателей, построения интегрального индекса, экспертной классификации и сравнительной интерпретации. Результатом исследования стала методическая схема, включающая выделение полигонов наблюдения, подбор безоблачных снимков, расчет *NDVI*, *NDBI* и *BSI*, формирование интегральной оценки и определение зон риска. Показано, что для Алтая ключевым является состояние растительности вдоль маршрутов и рекреационных зон, для Камчатки – разграничение естественно открытых вулканических поверхностей и антропогенных нарушений, для Красной Поляны – анализ застройки, склоновых нарушений и инфраструктурного освоения.

Введение

Развитие природно-ориентированного туризма усиливает нагрузку на территории, где туристическая привлекательность зависит от сохранности ландшафтов, растительного покрова и экологического равновесия. К таким территориям относятся Алтай, Камчатка и Красная Поляна, различающиеся природными условиями, степенью инфраструктурного освоения и характером туристического потока.

Актуальность исследования определяется необходимостью оперативного выявления участков, где рекреационная и инфраструктурная нагрузка может сопровождаться снижением плотности растительности, расширением открытых поверхностей и ростом застроенности. Спутниковые данные *Sentinel*-2 позволяют проводить такой предварительный анализ с использованием индексов *NDVI*, *NDBI* и *BSI*. Однако значения индексов не должны трактоваться как прямой экологический диагноз, поскольку их смысл зависит от рельефа, сезонности, типа растительности и природного контекста.

Цель статьи состоит в разработке методических подходов к дистанционному скринингу устойчивости природно-туристических кластеров Алтая, Камчатки и Красной Поляны на основе спутниковых индексов и экспертной интерпретации.

Для достижения цели поставлены задачи: раскрыть методическую роль *NDVI*, *NDBI* и *BSI*; предложить алгоритм расчета и нормирования показателей; определить вспомогательную роль *Random Forest*; сопоставить профили устойчивости трех кластеров; обозначить ограничения и перспективы апробации методики.

Объектом исследования выступают природно-туристические кластеры Алтая, Камчатки и Красной Поляны. Предметом являются методические приемы их предварительной дистанционной оценки на основе спутниковых индексов, интегрального показателя и экспертной классификации.

Методы исследования включают анализ научной литературы, расчет спектральных индексов *Sentinel*-2, нормирование показателей, построение интегрального индекса, экспертно-эвристическую классификацию и сравнительный анализ кластеров. Научная новизна заключается в уточнении подхода, при котором спутниковые индексы рассматриваются как предварительные диагностические признаки, а *Random Forest* – как вспомогательный инструмент анализа информативности признаков, а не как самостоятельное доказательство устойчивости.

1. Теоретико-методические основы оценки устойчивости природно-туристических кластеров на основе спутниковых данных

Устойчивость природно-туристического кластера является комплексной характеристикой, которую нельзя сводить только к числу туристов, площади застройки или состоянию одного природного компонента. В данной статье рассматривается не полная социально-экономическая или экологическая устойчивость, а предварительная дистанционная устойчивость поверхности, оцениваемая по спутниковым признакам.

Для природно-туристических территорий особенно важны показатели, отражающие состояние растительности, степень инфраструктурного освоения и наличие открытых или потенциально нарушенных поверхностей. В качестве таких признаков используются *NDVI*, *NDBI* и *BSI*.

NDVI характеризует состояние и плотность растительного покрова. Его снижение может указывать на ослабление растительности, вытоптанность или расширение открытых участков, однако в горных и вулканических условиях требует осторожной интерпретации. *NDBI* применяется для выявления застроенных и инфраструктурно измененных поверхностей. *BSI* позволяет фиксировать открытые почвы, минеральные участки, оголенные склоны и зоны возможной нарушенности.

Алтай, Камчатка и Красная Поляна демонстрируют разные условия применения этих индексов. Для Алтая особенно значим контроль растительного покрова вдоль маршрутов, береговых зон и туристических баз. Для Камчатки необходимо отделять естественно открытые вулканические поверхности от участков антропогенного воздействия. Для Красной Поляны важнейшее значение имеют признаки застройки, склоновых нарушений и инфраструктурной трансформации.

Следовательно, методика оценки должна включать не только расчет индексов, но и экспертную интерпретацию. Одно и то же значение *NDVI* или *BSI* может иметь различный смысл в лесной зоне Алтая, вулканическом ландшафте Камчатки и интенсивно освоенном горном курорте Красной Поляны.

2. Методика дистанционного скрининга устойчивости природно-туристических кластеров

Методика дистанционного скрининга строится на использовании данных *Sentinel*-2 *Level*-2*A* за сопоставимые сезонные периоды. Для каждого кластера выделяется полигон наблюдения, подбираются безоблачные снимки, рассчитываются индексы *NDVI*, *NDBI* и *BSI*, после чего показатели нормируются и объединяются в интегральную оценку.

Расчет *NDVI* выполняется по формуле:

$$NDVI = \frac{B08 - B04}{B08 + B04},$$

где $B08$ – ближний инфракрасный канал *Sentinel*-2, $B04$ – красный канал.

Расчет *NDBI* выполняется по формуле:

$$NDBI = \frac{B11 - B08}{B11 + B08},$$

где $B11$ – коротковолновый инфракрасный канал, $B08$ – ближний инфракрасный канал.

Таблица 1. Предлагаемая шкала экспертной классификации предварительной устойчивости

Значение интегрального индекса	Класс предварительной устойчивости	Интерпретация
0,67–1,00	Высокая	Благоприятное состояние поверхности, зоны риска локальны
0,34–0,66	Средняя	Имеются отдельные признаки нагрузки
0,00–0,33	Низкая	Выражены признаки трансформации поверхности

Расчет *BSI* выполняется по формуле:

$$BSI = \frac{(B11 + B04) - (B08 + B02)}{(B11 + B04) + (B08 + B02)},$$

где *B*02 – синий канал, *B*04 – красный канал, *B*08 – ближний инфракрасный канал, *B*11 – коротковолновый инфракрасный канал.

Для объединения индексов используется нормирование к шкале от 0 до 1. Поскольку высокий *NDVI* обычно отражает более благоприятное состояние растительности, он включается в прямой форме. Для *NDBI* и *BSI* применяется обратная логика, так как рост застроенных и открытых поверхностей чаще связан с усилением антропогенной или поверхностной нарушенности.

Интегральный индекс предварительной дистанционной устойчивости может быть представлен как сумма нормированных показателей с весами:

$$I_s = w_1 NDVI_{norm} + w_2 NDBI_{inv} + w_3 BSI_{inv} + \\ + w_4 D_{norm},$$

где *Is* – интегральный индекс предварительной устойчивости, w_1–w_4 – веса признаков, $NDVI_{norm}$ – нормированный показатель растительного покрова, $NDBI_{inv}$ – обратный нормированный показатель застроенности, BSI_{inv} – обратный нормированный показатель открытых и нарушенных поверхностей, D_{norm} – нормированный показатель благоприятной динамики индексов.

На первоначальном этапе веса могут задаваться равными или экспертно. После накопления эмпирических данных они могут уточняться с использованием *Random Forest*. При этом алгоритм не рассматривается как независимое доказательство устойчивости, если классы сформированы на основе тех же индексов. Его функция заключается в оценке относительной информативности признаков и проверке чувствительности модели.

Для экспертной классификации предлагается трехуровневая шкала (табл. 1).

Дополнительно учитываются комплексные зоны риска, где снижение *NDVI* совпадает с ростом *NDBI* или *BSI*. Такой подход позволяет выявлять локальные проблемные участки, которые могут быть скрыты при анализе только средних значений по крупному полигону.

3. Методическое сопоставление устойчивости Алтая, Камчатки и Красной Поляны

Сравнение Алтая, Камчатки и Красной Поляны должно строиться не как рейтинг устойчивости, а как выделение разных методических профилей. Это связано с тем, что одни и те же спутниковые признаки имеют разное значение в разных природных условиях.

Алтай рассматривается как горно-лесной и долинный кластер с выраженной сезонной рекреационной нагрузкой. Наиболее чувствительными участками являются долины рек, берега озер, туристические базы, подъездные дороги и популярные маршруты. Здесь ведущую роль играют *NDVI* и его динамика, поскольку снижение растительного покрова может указывать на вытоптанность, расширение открытых участков или ослабление природной основы территории.

Камчатка требует иной интерпретации. Низкие значения *NDVI* здесь не всегда означают деградацию, поскольку вулканические поля, лавовые потоки, термальные зоны и высокогорные участки могут естественно иметь слабую растительность. Поэтому важны не только абсолютные значения индексов, но и их динамика, а также пространственная близость изменений к туристическим маршрутам, термальным источ-

Таблица 2. Методическая интерпретация профилей устойчивости исследуемых кластеров

Кластер	Ведущая нагрузка	Главные индексы	Методический акцент
Алтай	маршрутная и сезонная рекреация	*NDVI*, *BSI*	состояние растительности вдоль маршрутов и береговых зон
Камчатка	очаговое посещение природных объектов	*BSI*, динамика *NDVI*	отделение естественно открытых поверхностей от антропогенных нарушений
Красная Поляна	инфраструктурное освоение	*NDBI*, *BSI*, *NDVI*	анализ застройки, склоновых нарушений и курортной инфраструктуры

никам и местам массового посещения.

Красная Поляна представляет интенсивно освоенный горный туристический кластер. Здесь значимы дороги, гостиничные комплексы, подъемники, горнолыжные трассы и сервисные объекты. Поэтому наибольшее значение имеют *NDBI* и *BSI*, позволяющие фиксировать застроенные поверхности, открытые склоны и зоны инфраструктурной трансформации. *NDVI* используется как дополнительный показатель состояния лесных и склоновых территорий (табл. 2).

Таким образом, универсальная шкала должна применяться с поправкой на природный контекст. Для Алтая ключевым является мониторинг растительности, для Камчатки – ландшафтная поправка, для Красной Поляны – анализ антропогенной трансформации поверхности.

4. Ограничения исследования

Предложенная методика имеет предварительный характер и не заменяет полевую экологическую оценку. Спутниковые индексы позволяют выявлять признаки изменения поверхности, но не дают полной информации о состоянии почв, биоразнообразии, водных объектов, рекреационной емкости и социально-экономических факторах устойчивости.

На результаты влияют сезонность снимков, облачность, снежный покров, влажность почвы, тени от рельефа и сложная горная морфология. Особенно осторожно следует интерпретировать *BSI* на Камчатке, где открытые минеральные поверхности часто являются естественной частью вулканического ландшафта. Ограничением также является экспертный характер классификации. Пороговые значения и веса индексов должны уточняться после эмпирической апробации, полевых наблюдений и сопоставления с данными о туристическом потоке.

Перспективы дальнейшего исследования связаны с применением методики на фактических спутниковых данных *Sentinel*-2, построением карт индексов, анализом временных рядов и включением дополнительных пространственных данных: маршрутов, дорог, объектов размещения, границ особо охраняемых природных территорий, уклонов, высот и сведений о рекреационной нагрузке. Важным этапом должна стать полевая валидация зон риска.

5. Перспективы дальнейшего исследования

Дальнейшее развитие предложенной методики связано с ее эмпирической апробацией на фактических спутниковых данных. Для этого необходимо сформировать полигоны наблюдения по каждому кластеру, подобрать сопоставимые снимки *Sentinel*-2 за несколько лет, рассчитать *NDVI*, *NDBI* и *BSI*, построить карты индексов и определить долю зон риска внутри каждого полигона.

Перспективным направлением является включение дополнительных пространственных данных: сведений о туристических маршрутах, дорогах, объектах размещения, границах особо охраняемых природных территорий, высоте, уклоне склонов, экспозиции, землепользовании и плотности туристического потока. Это позволит перейти от анализа поверхности к более комплексной оценке факторов рекреационного давления.

Также целесообразно использовать временные ряды *Sentinel*-2, чтобы анализировать не только отдельные годы, но и устойчивые тренды. Например, можно оценивать среднее изменение *NDVI* за несколько сезонов, частоту появления открытых поверхностей, пространственное расширение зон с повышенным *BSI* и динамику *NDBI* вблизи инфраструктурных объ-

ектов.

Важной перспективой является полевая валидация результатов. Она позволит проверить, действительно ли зоны, выделенные по спутниковым признакам, соответствуют участкам рекреационного воздействия, деградации растительности, вытоптанности, эрозии или инфраструктурного нарушения. Без такой проверки результаты должны оставаться именно предварительным скринингом, а не окончательным экологическим заключением.

Заключение

В статье предложены методические подходы к предварительному дистанционному скринингу устойчивости природно-туристических кластеров Алтая, Камчатки и Красной Поляны на основе индексов *NDVI*, *NDBI* и *BSI*. Определено, что спутниковые показатели позволяют выявлять признаки изменения растительного покрова, застроенности и открытых поверхностей, однако требуют экспертной интерпретации с учетом природного контекста.

Предложенная методика включает выделение полигонов наблюдения, подбор сопоставимых снимков *Sentinel*-2, расчет и нормирование индексов, построение интегрального показателя, экспертную классификацию и выявление комплексных зон риска. *Random Forest* рассматривается как вспомогательный инструмент оценки информативности признаков и уточнения весов модели.

Сравнение трех кластеров показало различие их методических профилей. Для Алтая наиболее важно состояние растительности вдоль маршрутов и рекреационных зон; для Камчатки – отделение естественно открытых вулканических поверхностей от антропогенных нарушений; для Красной Поляны – анализ застройки, склоновых нарушений и инфраструктурного освоения.

Практическая значимость подхода заключается в возможности предварительного выделения зон риска и планирования дальнейшего мониторинга. При этом результаты дистанционного скрининга должны рассматриваться как предварительные и нуждаются в последующей проверке с использованием полевых данных и информации о туристической нагрузке.

Литература/References

1. Breiman, L. Random Forests / L. Breiman // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – P. 5–32. – DOI: 10.1023/A:1010933404324.

2. Buckley, R. Sustainable tourism: Research and reality / R. Buckley // Annals of Tourism Research. – 2012. – Vol. 39. – No. 2. – P. 528–546. – DOI: 10.1016/j.annals.2012.02.003.

3. Butler, R.W. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources / R.W. Butler // Canadian Geographer. – 1980. – Vol. 24. – No. 1. – P. 5–12. – DOI: 10.1111/j.1541-0064. 1980.tb00970.x.

4. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 Documentation: official website [Electronic resource]. – Access mode : https://dataspace.copernicus.eu/data-collections/copernicus-sentinel-missions/sentinel-2.

5. Google Earth Engine Data Catalog. Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A: dataset description [Electronic resource]. – Access mode : https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED.

6. Gorelick, N. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone / N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, R. Moore // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27. – DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

7. Sustainable Tourism: A Geographical Perspective / ed. by C.M. Hall, A.A. Lew. – London : Addison Wesley Longman, 1998. – T. XII. – 236 p.

8. Magige, J.M. Use of GIS and Remote Sensing in Tourism / J.M. Magige, C. Jepkosgei, S.M. Onywere // Handbook of e-Tourism / ed. by Z. Xiang, M. Fuchs, U. Gretzel, W. Höpken. – Cham : Springer, 2022. – P. 1335–1361. – DOI: 10.1007/978-3-030-48652-5_118.

9. QGIS Documentation. QGIS User Guide: official website [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.qgis.org/latest/en/docs/user_manual/index.html.

10. Rikimaru, A. Tropical Forest cover density mapping / A. Rikimaru, P.S. Roy, S. Miyatake // Tropical Ecology. – 2002. – Vol. 43. – No. 1. – P. 39–47.

11. Rouse, J.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering // Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. – Washington: NASA, 1974. – P. 309–317.

12. Saarinen, J. Traditions of sustainability in tourism studies / J. Saarinen // Annals of Tourism Research. – 2006. – Vol. 33. – No. 4. – P. 1121–1140. – DOI: 10.1016/j.annals.2006.06.007.

13. Sustainable Tourism for Development Guidebook. – Madrid : World Tourism Organization, 2013. – DOI: 10.18111/9789284415496 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284415496.

14. Weaver, D.B. Sustainable Tourism: Theory and Practice / D.B. Weaver. – Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – T. XIII. – 240 p.

15. Zha, Y. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery / Y. Zha, J. Gao, S. Ni // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24. – No. 3. – P. 583–594. – DOI: 10.1080/01431160304987.

© А.С. Абрамова, Д.О. Дрыга, 2026

УДК 72.01

СИМВОЛИЧЕСКАЯ И ФОРМАЛЬНАЯ ЭСТЕТИКА АРХИТЕКТУРЫ: ВРЕМЯ И МЕСТО КАК ПАРАМЕТРЫ ВОСПРИЯТИЯ

Т.И. ЗАДВОРЯНСКАЯ, Ю.Г. КОРНЕВА, М.Д. КУЧЕР

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж

Ключевые слова и фразы: параметры восприятия архитектуры; глобализация; символическая и формальная эстетика; историческая архитектура.

Аннотация: Статья посвящена анализу восприятия архитектуры в контексте формальной и символической эстетики с учетом категорий времени и места. Особое внимание уделено проблеме сохранения локальной архитектурной идентичности в условиях глобальной унификации среды. Цель исследования – определить критерии легитимности архитектурных решений и выявить механизмы интеграции современных объектов в исторический и культурный контекст. Установлено, что восприятие архитектуры формируется на пересечении универсальных формальных характеристик и изменчивых символических значений, связанных с конкретным местом. Показано, что цифровые и виртуальные среды расширяют возможности анализа и моделирования архитектурных решений, способствуя сохранению и переосмыслению локальной идентичности. Сделан вывод о том, что легитимность архитектуры является динамическим процессом, зависящим от соответствия объекта духу места и культурным ожиданиям общества.

Архитектура – одна из немногих сфер деятельности, где функциональное, эстетическое и символическое начала существуют неразрывно, формируя целостное переживание пространства. Архитектурные объекты воздействуют на человека не только практически и визуально, но и через трансляцию культурных смыслов, задавая эмоциональный фон городской среды и формируя идентичность места [8]. Восприятие архитектуры многослойно: оно включает визуально-формальные параметры (масштаб, пропорции, фактуру, материал), символические значения (ассоциации, память, традиции) и феноменологические аспекты переживания пространства.

В последние десятилетия проблема восприятия архитектуры стала особенно значимой. Глобализация и гиперурбанизация ведут к стиранию культурной идентичности, трансформации традиций и выхолащиванию архитектурных стилей. Города сталкиваются с урбанистическими вызовами: интеграцией новых объектов в исторические центры, восприятием многоэтажной застройки в малых городах, сохранением локальной идентичности. В результате возникает вопрос, почему историческая архитектура воспринимается как более гармоничная и «близкая», а современная – как «холодная» и отчужденная. Эти оценки универсальны, но их причины сложны и многозначны. В частности, современная архитектура ориентирована на «социоцентрические» ценности, тогда как индивид подсознательно стремится к «гомоцентрическим» характеристикам среды, отражающим его личные потребности и эмоциональный опыт [21]. Ощущение отчужденности усиливается деятельностью транснациональных корпораций и «архитекторов-звезд», транслирующих глобальный стиль, нередко игнорирующий локальную специфику и размывающий архитектурную идентичность городов [5].

Один из ключевых параметров восприятия архитектуры – «время»: историческая насыщенность объекта, его вовлеченность в коллективную память и наличие культурных наслоений. Эту тему глубоко затронул Кевин Линч [15]. Временной аспект связан с категорией «места», включающей не только простран-

ственные, но и социокультурные характеристики, формирующие уникальность объекта. Архитектура, укорененная в локальности, воспринимается как аутентичная, поскольку отражает традиции, климат и особенности жизни населения [14]. Утрата связи с местом ведет к формированию типизированной среды, лишенной индивидуальности.

Проблема архитектурной идентичности определяется способностью среды транслировать культурные смыслы и обеспечивать преемственность между прошлым и настоящим [14]. Ее нарушение из-за глобализации и стандартизации порождает «обезличенные» пространства, не вызывающие эмоциональной привязанности. Цифровые технологии открывают новые возможности: виртуальные и дополненные среды позволяют сохранять и реконструировать элементы архитектурного наследия, создавая дополнительные уровни восприятия пространства. Они могут служить посредником между историческим контекстом и современными практиками, обеспечивая деликатную интеграцию инноваций.

Понятие «места» в контексте восприятия архитектуры активно развивал Кристиан Норберг-Шульц [17]. Восприятие архитектуры формируется на пересечении различных параметров, действующих неравномерно: здания с яркими индивидуальными чертами вызывают у наблюдателя более сложный набор семантических ассоциаций, чем типовая жилая застройка [3].

Цель исследования – выявить параметры восприятия исторической и современной архитектуры с точки зрения формальной и символической эстетики, а также определить роль времени и места как решающих факторов архитектурной оценки.

Задачи исследования:

– проанализировать теоретические концепции эстетики;

– выявить механизмы восприятия архитектуры в культурном контексте;

– сопоставить восприятие объектов разных эпох;

– определить параметры их гармоничного взаимодействия.

Гипотеза исследования: восприятие архитектуры определяется сочетанием формальных (универсальных) и символических (культурно-контекстных) факторов. Историческая архитектура чаще воспринимается положительно благодаря накопленной культурной памяти, а современная становится уместной, когда сохраняет диалог с местом и опирается на локальные культурные архетипы.

Для проверки этого предположения необходимо обратиться к теоретическому разграничению слоев архитектурного сообщения. Наиболее последовательно этот подход представлен в работах Н.Л. Прака, который рассматривает архитектурный объект не как физическую структуру, а как сложную систему художественных смыслов [18]. В концепции «Язык архитектуры» автор выделяет два фундаментальных пласта: формальную и символическую эстетику. По мнению Прака, архитектура функционирует как двухуровневый язык: первый уровень отвечает за чувственное восприятие формы, второй – за ее интерпретацию в социальном и историческом контексте [18]. Различие между формальной и символической эстетикой иллюстрируется тем, что даже выдающиеся теоретики могут сходиться в оценке композиционных принципов, но расходиться в интерпретации символического содержания. Прак заключает: «Единомыслие относительно правил вовсе не предполагает единодушия в суждениях» [18].

По мнению исследователя, причина расхождения кроется в природе двух типов эстетики.

Формальная эстетика опирается на универсальные психофизиологические принципы восприятия, такие как пропорции, ритм и структурная ясность. История архитектуры показывает, что эти приемы применяются в разных культурах, что подтверждает их «вечный» характер [12].

Символическая эстетика основана на значениях и ассоциациях, закрепленных обществом за формами («истинно современное», «подлинное» и т.д.). Эти значения меняются вместе с культурным кодом, поэтому символическая эстетика вариативна и зависима от контекста [18; 24].

Граница между двумя эстетиками подвижна: одна и та же форма может одновременно отвечать психофизиологическим принципам восприятия и нести символическую нагрузку. Прак утверждает: «На практике архитектурная эстетика всегда такова: более или менее связная система критериев, которые оказываются одновременно и формальными, и символическими» [18] и предлагает концепцию «общей эстетики», объединяющую универсальные принципы

и культурно-исторические значения. Эта модель не противопоставляет стили, а описывает устойчивую связь между обществом, его мировоззрением и архитектурной формой [18]. Она подтверждает ключевой тезис исследования: не существует универсальной «лучшей» архитектуры – есть архитектура, уместная в контексте «времени и места» [8]. Отсюда вытекает центральный вопрос исследования, как архитектура становится «правильной», приемлемой и признанной в глазах общества. Ответ связан с понятием культурной легитимности – она достигается через соответствие формальным принципам, осмысленное символическое содержание, процессы общественного согласования в конкретном времени и месте [1; 11].

Культурная легитимность архитектуры – это степень соответствия архитектурной формы ожиданиям, символическим нормам и исторически сложившимся моделям восприятия общества. Представим ключевые подходы к пониманию легитимности.

1. К. Норберг-Шульц: легитимность связана с «*genius loci*» – духом места, который здание должно транслировать через материальность и пространственную логику [17].

2. К. Линч: легитимность определяется «читаемостью» среды – способностью формировать ясные образы, резонирующие с коллективным опытом горожан [15].

3. А.Г. Раппапорт: легитимность пространства связана с культурными сценариями поведения и устойчивыми типологиями, укорененными в традициях [8]. Объект признается «своим», если воспринимается как продолжение знакомого культурного кода.

4. Ч. Дженкс: в эпоху постмодерна легитимна архитектура, «говорящая» на нескольких языках: цитирующая историю, иронизирующая и включающая локальные символы без механического копирования [6]. Легитимное здание – «рассказчик», использующий метафоры и аллюзии для разных социальных групп.

5. П. Цумтор: легитимность достигается через предельную точность соответствия контексту. Его кредо: «Я верю в атмосферу… в то, что здания могут трогать людей – не потому, что они красивые, а потому что они точные» [25]. Подход противопоставляется глобализированной «архитектуре жеста» и акцентирует подлинность опыта.

6. А.К. Джиованнини: легитимность возникает там, где пространство отвечает базовым потребностям в защищенности, ориентации и тактильном контакте [7]. «Точность» превращается в эргономику опыта: свет, масштаб и фактуры должны быть соразмерны нервной системе человека.

7. Умберто Эко: легитимность обеспечивается семиотической ясностью – формы должны считываться локальным сообществом как понятный текст [24]. Баланс между узнаваемостью (традицией) и новизной (экспериментом) предотвращает кризис идентичности в застройке [5].

8. Эдвард Холл: легитимность включает уважение к негласным правилам организации дистанций и приватности [22]. Здание должно соответствовать социальным ритуалам: «знать», как люди будут в нем взаимодействовать. Современные практики соучаствующего проектирования помогают выявлять эти правила и легитимировать новые объекты через диалог с пользователями [11; 23].

Уважение к культурным сценариям (по Холлу) выводит проблему восприятия архитектуры в плоскость социальной легитимности – процесса коллективного принятия проектных решений. В этом контексте архитектура становится элементом общественного договора. Городское пространство легитимно, если получило одобрение жителей, профессиональных сообществ и институтов власти. Ключевую роль играют публичные обсуждения и экспертные оценки: они определяют уместность нового объекта в сложившейся среде. Социальная легитимность – динамический процесс, успех которого зависит от открытости архитектурного дискурса и вовлеченности сообщества в проектирование [11; 23].

Через механизмы общественного согласия архитектура утверждается как носитель коллективной идентичности – визуального и символического образа города. Объекты с высокой легитимностью аккумулируют символический капитал [1]: исторические здания выступают визуальными маркерами, отражающими траекторию развития территории и вшитыми в ткань коллективной памяти; современная архитектура, ориентированная на глобальные тренды, часто теряет связь с локальным контекстом, что ведет к обезличенности среды [5]. Легитимность объекта пропорциональна его символическому потенциалу – способности представлять ценности общества в конкретном времени и месте [19].

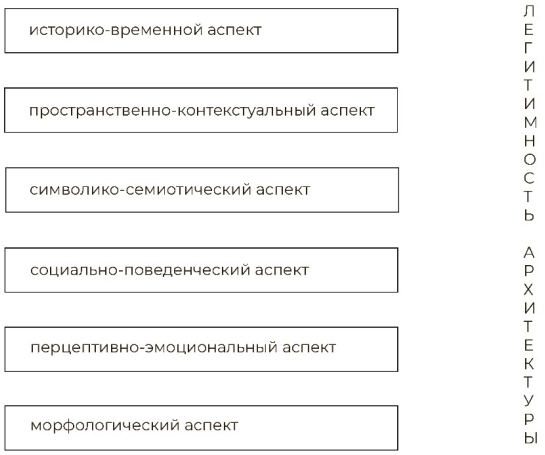

Рис. 1. Аспекты легитимности архитектуры

Морфологическая целостность исторической застройки характеризуется согласованностью:

– масштаб зданий ориентирован на человеческие пропорции (обеспечивает визуальную ясность и психологический комфорт);

– регулярность фасадных ритмов, повторяемость оконных проемов и пластичность декора создают непрерывность визуального поля;

– устойчивость восприятия обусловлена постепенным развитием среды в рамках локальных традиций [13].

Благодаря этому исторические объекты редко воспринимаются как диссонирующие элементы.

Обозначим аспекты легитимности архитектуры.

1. Историко-временной – преемственность и «укорененность» в коллективной памяти: сохранение исторических слоев, символических значений и устойчивых образов («узнаваемость» среды).

2. Пространственно-контекстуальный – соответствие месту (*genius loci*): учет природных условий, градостроительной структуры и локальных особенностей.

3. Символико-семиотический – способность архитектуры выступать носителем смыслов и «языком» культуры: формы должны быть понятны локальному сообществу и соотноситься с его культурным кодом.

4. Социально-поведенческий – соответствие пространства привычным сценариям взаимодействия: учет норм дистанции, приватности и коллективного поведения.

5. Перцептивно-эмоциональный – субъективное восприятие среды: чувство принадлежности, комфорта и «своего места», определяющее степень принятия архитектуры пользователями.

6. Морфологический – целостность застройки, соразмерность человеку, ритмичность и визуальная согласованность элементов (обеспечивают когнитивную ясность и устойчивость восприятия).

7. Коммуникативный – способность архитектуры вступать в «диалог» с пользователем и контекстом: объединение традиции и инновации без утраты смысловой целостности.

В малых городах, где историческая ткань сохраняется наиболее полно, визуальная идентичность территории формируется вокруг исторических центров – как в Тарту, Гданьске или Ческе-Будеевице. В мегаполисах аналогичную роль играют «острова устойчивости»: Арбат в Москве, Невский проспект в Санкт-Петербурге. Эти кварталы обладают наибольшей социальной и культурной легитимностью [12].

Эмоциональная реакция на новую архитектуру в такой среде зависит от нескольких типов контраста. Масштабный контраст, возникающий при существенном превышении высотности, может нарушать восприятие места. Семантический контраст требует от нового объекта ведения смыслового диалога с локальными культурными кодами [1]. Не менее важен и материально-фактурный контраст: если историческая среда ассоциируется с природной палитрой, то современные стекло и бетон воспринимаются преимущественно как функционально

обусловленные элементы [20].

Обобщая результаты исследования, можно утверждать, что восприятие архитектуры не сводится к упрощенному противопоставлению «исторического» и «современного». Зритель реагирует не на стиль как таковой, а на комплекс факторов: культурный код, масштабность, уместность формы и ее способность встроиться в сложившийся образ места [8; 14]. Это подтверждает гипотезу о том, что легитимность архитектуры формируется именно на пересечении ее формальных свойств и символических значений [18]. Изучение исторической застройки выявило ее устойчивое эмоциональное восприятие, основанное на морфологической целостности и глубокой укорененности в памяти. Сравнение же с современными практиками показало, что неоднозначность их оценки чаще всего вызвана разрывом кодов, привычных для горожанина [5; 21].

Вместе с тем примеры успешных современных объектов демонстрируют, что позитивный отклик возникает там, где новая архитектура поддерживает масштаб и ритм места, создавая содержательный диалог с наследием [13; 14; 20]. Это позволяет рассматривать гармоничную городскую среду не как арену противостояния эпох, а как результат их контекстуально обусловленного и взаимодополняющего сосуществования.

Таким образом, легитимность архитектуры в современном контексте определяется не только ее функциональными и эстетическими характеристиками, но и способностью учитывать временные и пространственные параметры, поддерживать культурную идентичность и формировать условия для эмоционально значимого взаимодействия человека со средой.

Литература

1. Ахметзянов, В.Г. Лиминальные пространства в контексте архитектурной среды: принципы проектирования / В.Г. Ахметзянов, Р.О. Лузянин // Известия КГАСУ. – 2025. – № 1(71). – С. 239–250. – DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.18.

2. Байкова, Е.В. Видеоигра – пространство культурных отсылок к изобразительному искусству и архитектуре. Глава 3. Форма и содержание в архитектуре. / Е.В. Байкова. – Саратов : СГТУ, 2016. – С. 158–165.

3. Вырва, А.Ю. Изучение особенностей восприятия архитектурной городской среды на основе исследования панорам Google / А.Ю. Вырва // Экспериментальная психология. – 2017. – Т. 10. – № 1. – С. 89–108. – DOI: 10.17759/exppsy.2017100107.

4. Вырва, А.Ю. Субъектные и объектные факторы субъективно-семантического оценивания архитектурных объектов / А.Ю. Вырва, Д.А. Леонтьев // Культурно-историческая психология. – 2016. – Т. 12. – № 2. – С. 33–45. – DOI: 10.17759/chp.2016120204.

5. Данилова, Э.В. Современная архитектура: кризис идентичности / Э.В. Данилова // Современная архитектура мира. – 2019. – № 2(13). — С. 11–35. – DOI: 10.25995/NIITIAG.2020.13.2.018.

6. Дженкс, Ч. Язык архитектуры постмодернизма / Ч. Дженкс; пер. с англ. А.В. Рабушина; под ред. А.В. Иконникова. – М. : Стройиздат, 1985. – 136 с.

7. Джиованнини, А.К. Психология архитектуры / А.К. Джиованнини; пер. с итал. – СПб. : Изд-во Политехнического ун-та, 2017. – 248 с.

8. Забельшанский, Г.Б. Архитектура и эмоциональный мир человека / Г.Б. Забельшанский, Г.Б. Минервин, А.Г. Раппапорт, Г.Ю. Сомов. – М. : Стройиздат, 1985. – 208 с.

9. Задворянская, Т.И. Роль мифа в архитектуре / Т.И. Задворянская // Известия вузов: Строительство. – Новосибирск. – 2020. – № 10. – С. 53–60.

10. Задворянская, Т.И. Феномен атмосферы пространства: ключи к пониманию города / Т.И. Задворянская // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 5(140).

11. Колосков, И.С. К вопросу об актуальности соучаствующего проектирования в системе принятия решений сферы городских проектов / И.С. Колосков // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. – М. : МАРХИ, 2020. – С. 238–240.

12. Коновалова, Т.А. Архитектура в языковой картине мира: когнитивно-семиотический аспект / Т.А. Коновалова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – № 4. – С. 84–87.

13. Корнева, Ю.Г. Архитектура выдуманных миров: новые возможности архитектора / Ю.Г. Корнева, Е.В. Соловец // Вестник ВГТУ. – 2024. – № 1. – С. 23–30.

14. Кучер, М.Д. Концептуальные решения проектов реновации усадебных комплексов в России / М.Д. Кучер, Е.В. Кокорина // Архитектурные исследования. – 2026. – № 1(45). – С. 14–24.

15. Линч, К. Образ города / К. Линч, пер. с англ. В.Л. Глазычева. – М. : Стройиздат, 1982. – 328 с.

16. Лотман, Ю.М. Семиосфера / Ю.М. Лотман. – СПб. : Искусство-СПБ, 2000. – 704 с.

17. Норберг-Шульц, К. Genius Loci: к феноменологии архитектурного пространства / К. Норберг-Шульц; пер. с англ. – М. : Ладья, 1998. – 232 с.

18. Прак, Н.Л. Язык архитектуры. Очерки архитектурной теории / Н.Л. Прак; пер. с англ. Е. Ванеян. – М. : Дело, 2018. – 288 с.

19. Раппопорт, А.Г. Ценности культуры и проблема выживания / А.Г. Раппопорт // 60 параллель. – 2011. – № 4. – С. 24–29.

20. Раппопорт, А.Г. Новая парадигма архитектурного мышления / А.Г. Раппопорт // Проект Россия. – 2017. – № 84. – С. 112–118.

21. Рыжов, Б.Н. Современные особенности эмоционального восприятия архитектуры модерна и конструктивизма / Б.Н. Рыжов, А.А. Тарасова // Системная психология и социология. – 2016. – № 4(20). – С. 74–87.

22. Холл, Э. Скрытое измерение / Э. Холл; пер. с англ. – М. : Ад Маргинем Пресс, 2019. – 376 с.

23. Шишкарва, М.С. Методология соучаствующего проектирования: способы формирования комфортной образовательной среды / М.С. Шишкарва // Молодежь XXI века: шаг в будущее : материалы XXVI регион. науч.-практ. конф. – Благовещенск : БГПУ, 2025. – С. 534–535.

24. Эко, У. Отсутствующая структура: введение в семиологию / У. Эко; пер. с ит. – СПб. : Symposium, 2004. – 544 с.

25. Zumthor, P. Thinking Architecture / P. Zumthor. – Basel : Birkhauser, 2010. – 160 p.

References

1. Akhmetzyanov, V.G. Liminalnye prostranstva v kontekste arkhitekturnoj sredy: printsipy proektirovaniya / V.G. Akhmetzyanov, R.O. Luzyanin // Izvestiya KGASU. – 2025. – № 1(71). – S. 239–250. – DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.18.

2. Bajkova, E.V. Videoigra – prostranstvo kulturnykh otsylok k izobrazitelnomu iskusstvu i arkhitekture. Glava 3. Forma i soderzhanie v arkhitekture. / E.V. Bajkova. – Saratov : SGTU, 2016. – S. 158–165.

3. Vyrva, A.YU. Izuchenie osobennostej vospriyatiya arkhitekturnoj gorodskoj sredy na osnove issledovaniya panoram Google / A.YU. Vyrva // Eksperimentalnaya psikhologiya. – 2017. – T. 10. – № 1. – S. 89–108. – DOI: 10.17759/exppsy.2017100107.

4. Vyrva, A.YU. Subektnye i obektnye faktory subektivno-semanticheskogo otsenivaniya arkhitekturnykh obektov / A.YU. Vyrva, D.A. Leontev // Kulturno-istoricheskaya psikhologiya. – 2016. – T. 12. – № 2. – S. 33–45. – DOI: 10.17759/chp.2016120204.

5. Danilova, E.V. Sovremennaya arkhitektura: krizis identichnosti / E.V. Danilova // Sovremennaya arkhitektura mira. – 2019. – № 2(13). — S. 11–35. – DOI: 10.25995/NIITIAG.2020.13.2.018.

6. Dzhenks, CH. YAzyk arkhitektury postmodernizma / CH. Dzhenks; per. s angl. A.V. Rabushina; pod red. A.V. Ikonnikova. – M. : Strojizdat, 1985. – 136 s.

7. Dzhiovannini, A.K. Psikhologiya arkhitektury / A.K. Dzhiovannini; per. s ital. – SPb. : Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2017. – 248 s.

8. Zabelshanskij, G.B. Arkhitektura i emotsionalnij mir cheloveka / G.B. Zabelshanskij, G.B. Minervin, A.G. Rappaport, G.YU. Somov. – M. : Strojizdat, 1985. – 208 s.

9. Zadvoryanskaya, T.I. Rol mifa v arkhitekture / T.I. Zadvoryanskaya // Izvestiya vuzov: Stroitelstvo. – Novosibirsk. – 2020. – № 10. – S. 53–60.

10. Zadvoryanskaya, T.I. Fenomen atmosfery prostranstva: klyuchi k ponimaniyu goroda / T.I. Zadvoryanskaya // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 5(140).

11. Koloskov, I.S. K voprosu ob aktualnosti souchastvuyushchego proektirovaniya v sisteme prinyatiya reshenij sfery gorodskikh proektov / I.S. Koloskov // Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovanie : tezisy dokladov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – M. : MARKHI, 2020. – S. 238–240.

12. Konovalova, T.A. Arkhitektura v yazykovoj kartine mira: kognitivno-semioticheskij aspekt / T.A. Konovalova // Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN. – 2011. – № 4. – S. 84–87.

13. Korneva, YU.G. Arkhitektura vydumannykh mirov: novye vozmozhnosti arkhitektora / YU.G. Korneva, E.V. Solovets // Vestnik VGTU. – 2024. – № 1. – S. 23–30.

14. Kucher, M.D. Kontseptualnye resheniya proektov renovatsii usadebnykh kompleksov v Rossii / M.D. Kucher, E.V. Kokorina // Arkhitekturnye issledovaniya. – 2026. – № 1(45). – S. 14–24.

15. Linch, K. Obraz goroda / K. Linch, per. s angl. V.L. Glazycheva. – M. : Strojizdat, 1982. – 328 s.

16. Lotman, YU.M. Semiosfera / YU.M. Lotman. – SPb. : Iskusstvo-SPB, 2000. – 704 s.

17. Norberg-SHults, K. Genius Loci: k fenomenologii arkhitekturnogo prostranstva / K. Norberg-SHults; per. s angl. – M. : Ladya, 1998. – 232 s.

18. Prak, N.L. YAzyk arkhitektury. Ocherki arkhitekturnoj teorii / N.L. Prak; per. s angl. E. Vaneyan. – M. : Delo, 2018. – 288 s.

19. Rappoport, A.G. TSennosti kultury i problema vyzhivaniya / A.G. Rappoport // 60 parallel. – 2011. – № 4. – S. 24–29.

20. Rappoport, A.G. Novaya paradigma arkhitekturnogo myshleniya / A.G. Rappoport // Proekt Rossiya. – 2017. – № 84. – S. 112–118.

21. Ryzhov, B.N. Sovremennye osobennosti emotsionalnogo vospriyatiya arkhitektury moderna i konstruktivizma / B.N. Ryzhov, A.A. Tarasova // Sistemnaya psikhologiya i sotsiologiya. – 2016. – № 4(20). – S. 74–87.

22. KHoll, E. Skrytoe izmerenie / E. KHoll; per. s angl. – M. : Ad Marginem Press, 2019. – 376 s.

23. SHishkarva, M.S. Metodologiya souchastvuyushchego proektirovaniya: sposoby formirovaniya komfortnoj obrazovatelnoj sredy / M.S. SHishkarva // Molodezh XXI veka: shag v budushchee : materialy XXVI region. nauch.-prakt. konf. – Blagoveshchensk : BGPU, 2025. – S. 534–535.

24. Eko, U. Otsutstvuyushchaya struktura: vvedenie v semiologiyu / U. Eko; per. s it. – SPb. : Symposium, 2004. – 544 s.

Т.И. Задворянская, Ю.Г. Корнева, М.Д. Кучер, 2026

УДК 72.017.6

ТЕКСТИЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУР: ОПЫТ ШТУТГАРТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е.В. САФОНОВА

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Ключевые слова и фразы: композитные материалы; волокнистые структуры в архитектуре; роботизированная намотка; текстильные методы; биомиметика; Штутгартский университет.

Аннотация: В статье анализируется опыт Штутгартского университета по адаптации текстильных принципов организации композитных волокон к созданию архитектурных конструкций методом роботизированной намотки. Показано, как методы, традиционно применяемые в текстильной промышленности (ориентация волокон, плотность укладки, схемы намотки, контроль натяжения), трансформируются для решения задач современной архитектуры. Особое внимание уделяется проектам институтов *ICD* (*Institute for Computational Design*) и *ITKE* (*Institute for Building Structures and Structural Design*), где роботизированная намотка используется для создания легких, прочных и эстетически выразительных конструкций сложной геометрии.

Введение

Современные тенденции в строительстве и материаловедении требуют разработки легких, прочных и технологичных конструкций. Это особенно актуально в свете ограничений традиционных строительных материалов и технологий (бетона, стали, кирпича). К ним относятся: большой собственный вес конструкций, высокая энергоемкость производства, сложность создания свободных форм и значительные отходы при изготовлении.

В этом контексте особый интерес представляет адаптация текстильных методов к созданию объемных структур из композитных волокон как новое направление в архитектуре. Такой подход успешно объединяет вековые традиции текстильного производства с инновационными методами реализации проектов. Он позволяет перенести традиционные текстильные методы (ориентацию волокон, плотность укладки, схемы переплетения, контроль натяжения) на новый уровень: от двумерных текстильных полотен к трехмерным архитектурным формам.

Эксперименты Штутгартского университета демонстрируют, как текстильные методы организации волокнистых структур могут быть перенесены в область архитектурного формообразования с помощью роботизированного производства и цифрового проектирования.

Цель исследования – изучить опыт Штутгартского университета по адаптации текстильных подходов к созданию архитектурных конструкций методом роботизированной намотки композитных волокон (углеродных, стекловолокна и др.) и обосновать возможности практического применения данной технологии в современной архитектуре.

Исходя из поставленной цели исследования, были сформулированы следующие задачи.

1. Проанализировать экспериментальные проекты институтов *ICD*/*ITKE* (Штутгартский университет) для выявления способов реализации текстильных подходов в формировании архитектурных конструкций методом многослойной намотки.

2. Исследовать технологические процессы роботизированной намотки композитных материалов и сопоставить их с традиционными текстильными методами.

3. Оценить возможности расширения сферы применения технологии многослойного волокнистого формообразования для создания архитектурных объектов разного масштаба.

4. Выявить преимущества метода для архитектурного проектирования по сравнению с традиционными строительными технологиями.

Методологическую основу исследования составляют общенаучные методы, такие как системный анализ, аналогия, сравнение, обобщение и систематизация. Эти методы позволяют проанализировать применение текстильных методов и роботизированных технологий в архитектуре, определить наиболее эффективные решения для внедрения их в процессы проектирования и строительства. Теоретико-методологическим основанием исследования являются научные труды по использованию композитных материалов в архитектуре отечественных и зарубежных авторов, научные статьи студентов и преподавателей Штутгартского университета по теме бескаркасной роботизированной намотки.

Гипотеза исследования состоит в том, что технология роботизированной намотки открывает перспективы для модульного строительства и быстрого возведения архитектурных объектов – от павильонов и элементов городской инфраструктуры до сооружений различного масштаба. Развитие этого направления формирует новый вектор в архитектурном проектировании, сочетая энергоэффективность производства с долговечностью и эстетикой архитектурных решений.

Материалы статьи представляют собой исследование мирового опыта применения бескаркасной роботизированной намотки в архитектуре. Это поможет архитекторам и инженерам-проектировщикам сформировать собственное видение того, как можно адаптировать подобные подходы в локальных условиях. Также исследование может стать отправной точкой для вузов при разработке спецкурсов по цифровым методам проектирования и производства в архитектуре.

Композитные волокна в архитектуре: история развития и современные тенденции

В XX в. прорыв в материаловедении обеспечили углеродное и стекловолокно – материалы, радикально изменившие подходы к конструированию в промышленности.

Промышленное освоение стекловолокна началось в 1930-х гг.: компания *Owens-Corning* внедрила технологию экструзии расплавленного стекла через фильеры для получения непрерывного стекловолокна. Благодаря высокой прочности, химической стойкости и легкости материал быстро нашел применение в авиа- и судостроении, электротехнике и строительстве в виде стеклопластиков [4].

В 1960-х гг. произошел следующий технологический скачок – была освоена промышленная выработка углеродного волокна. Важнейшим достижением стала разработка метода получения высокопрочных волокон из полиакрилонитрила (***PAN***). Углеродное волокно отличалось исключительным соотношением прочности и массы, термостойкостью и коррозионной устойчивостью, что предопределило его внедрение в аэрокосмической отрасли, а затем – в автомобилестроении и спортивном инвентаре [2; 3].

Сегодня эти композитные волокна активно внедряются в архитектуру, особенно в направлении легких и высокопрочных пространственных конструкций. Существенный вклад в развитие этого направления вносят исследования Штутгартского университета.

Специалисты Института вычислительного проектирования (*ICD*) и Института строительной конструкции и конструктивного проектирования (*ITKE*) Штутгартского университета под руководством профессоров Ахима Менгеса и Яна Книперса разрабатывают инновационные архитектурные павильоны и конструкции, опираясь на биомиметические принципы и текстильные методы формообразования [6]. В качестве прототипов используются природные структуры (панцирь морского ежа, надкрылья насекомых и др.), что позволяет добиваться уникальных эстетических качеств и функциональных преимуществ в архитектурных проектах.

Ахим Менгес отмечает, что в современной практике проектирование и строительство превратились в две обособленные сферы деятельности. В противовес этому он стремится преодолеть существующий разрыв, и все экспериментальные проекты Штутгартского университета демонстрируют реализацию неразрывного процесса проектирования и производства, где эти этапы органично интегрированы друг в друга [5].

Достичь этой интеграции позволяют текстильные технологии. Используя принципы

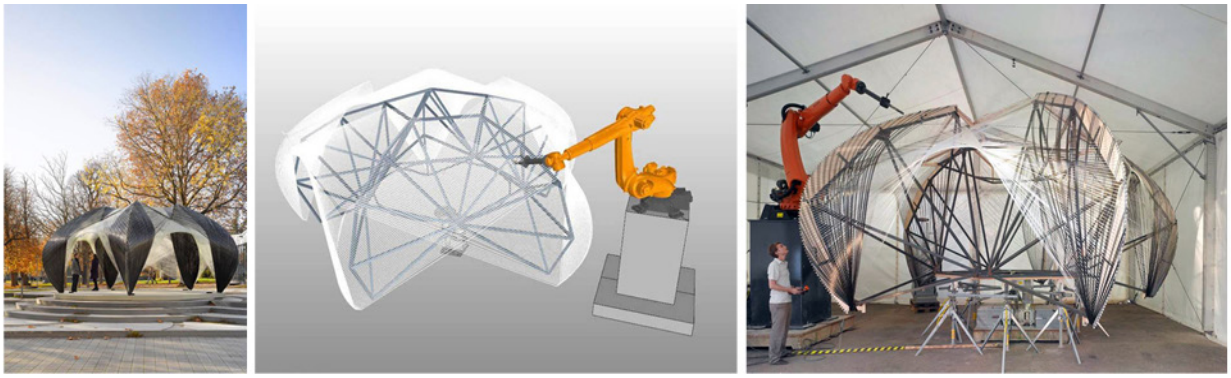

Рис. 1. Исследовательский павильон *ICD*/*ITKE*, 2012 г.



Рис. 2. Павильон *ICD*/*ITKE*, 2014–2015 гг.

текстильного формообразования, исследователи добиваются одновременной разработки формы и способа ее изготовления, что обеспечивает неразрывную связь между проектированием и производством [7].

Связь с текстильными технологиями

В роботизированной намотке углеродного и стекловолокна при создании архитектурных конструкций четко прослеживаются аналогии с текстильными методами:

– ориентация волокон – спиральные и кольцевые витки выполняют роль «основы» и «утка» в архитектурном масштабе;

– плотность укладки – число витков на метр соответствует плотности нитей в ткани и влияет на жесткость конструкции;

– схемы намотки – создают структуры, аналогичные саржевому или диагональному переплетению, но в трехмерном пространстве;

– использование ровинга (ленты) – как аналога текстильной нити большого сечения для создания несущих элементов;

– контроль натяжения – аналогичен системам натяжения на ткацких станках, обеспечивает равномерность структуры.

Исследовательский павильон ICD/ITKE, 2012

В 2012 г. институты *ICD* и *ITKE* при Штутгартском университете создали один из первых исследовательских павильонов из композитных материалов (углеродного и стекловолокна), применив принципы текстильных технологий в архитектурном масштабе.

Проект вдохновлен строением экзоскелета омара и объединяет биомиметику с роботизированным производством. Робот «ткал» конструкцию, наматывая более 30 км пропитанных полимерной смолой волокон на временную стальную раму – она выполняла роль ткацкого станка. Промышленный робот был оснащен




Рис. 3. Павильон *livMatS*, 2020–2021гг.

манипулятором с шестью степенями свободы, которые обеспечивали высокую гибкость и точность движений, близких к движениям человеческой руки. Роботизированный поворотный стол обеспечивал круговое движение рамы, на которую наматывались волокна. Это позволило создавать сложную пространственную структуру путем непрерывной намотки волокон. По аналогии с тканными структурами, в конструкции павильона стекловолокно играет роль «основы», создающей форму, а углеродное волокно – роль «утка», обеспечивающего жесткость и прочность. После завершения намотки и отверждения смолы временную стальную раму разобрали – осталась легкая, прочная и цельная структура.

Разработанная конструкция демонстрирует впечатляющие показатели эффективности: при габаритах 8 м в длину и 3,5 м в высоту она имеет оболочку толщиной всего 4 мм и весит менее 320 кг. Высокая прочность достигается за счет ориентации волокон вдоль силовых потоков, а оптимизация укладки (6 последовательностей намотки) позволяет существенно сократить расход материала без потери эксплуатационных характеристик. В конструкцию также были встроены оптоволоконные датчики, которые непрерывно отслеживают изменения напряжения и деформации.

Исследовательский павильон ICD/ITKE, 2014–2015

Исследовательский павильон *ICD/ITKE* (2014–2015 гг.) вдохновлен подводными гнездами водяных пауков: эти насекомые создают паутину внутри воздушного пузыря, армируя его стенки.

Отличительная особенность этого павильона – пневматическая оболочка из этилен-тетрафторэтилена (**ЭТФЭ**): гибкая, но прочная мембрана, поддерживаемая давлением воздуха. В процессе создания павильона промышленный робот укладывал волокна внутри надувной оболочки по траектории, рассчитанной цифровым агентом – виртуальным «ткачом».

Технология избирательного армирования напоминает жаккардовое плетение: волокна наносятся исключительно в зонах усиления. Такой подход оптимизирует распределение нагрузок, повышает прочность конструкции и существенно сокращает расход материала. Композитный клей выполняет роль аппретирования, надежно скрепляя ЭТФЭ и углеродное волокно. В результате гибкая мембрана трансформируется в жесткую, устойчивую конструкцию.

Павильон площадью 40 м² и объемом 130 м³ имеет пролет 7,5 м и высоту 4,1 м при общем весе всего 260 кг – это всего 6,5 кг на квадратный метр площади. Данный результат наглядно демонстрирует, как современные технологии позволяют создавать масштабные, но при этом исключительно легкие и эффективные архитектурные решения.

Павильон livMatS, 2020–2021

Давнее научное сотрудничество университетов Штутгарта и Фрайбурга, в рамках которого изучается возможность переноса природных принципов в архитектуру, привело к созданию павильона *livMatS* для Ботанического сада Фрайбургского университета. Он стал первым зданием с несущей конструкцией из



Рис. 4. Здание *Texoversum*, Ройтлингене, Германия, 2023 г.

льняного волокна. Характерный внешний вид структурных элементов конструкции изо льна напоминает как традиционное плетение, так и биологические системы, т.к. вдохновением для создания павильона послужили сетчатые волокнистые системы кактуса сагуаро и опунции.

Лен, веками использовавшийся для текстиля, здесь выступает строительным материалом. Жесткость льняного волокна сопоставима со стекловолокном, однако производство требует меньшего количества энергии. Этот материал полностью возобновляем, биоразлагаем и доступен.

Применение натурального волокна поставило новые задачи для вычислительного проектирования и роботизированного производства. Корректировка учла неоднородность материала, а особые механические свойства волокон привели к изменению процесса роботизированного производства.

В процессе бескаркасной роботизированной намотки комплексные льняные нити соединяются в единую несущую конструкцию. Ее защиту от влаги и УФ-излучения обеспечивает водонепроницаемое поликарбонатное покрытие, которое подобно обработке водоотталкивающими пропитками в финишной текстильной отделке.

Павильон *livMatS* – инновационный проект, демонстрирующий экологичную альтернативу традиционному строительству: это первое здание с несущей конструкцией из льняного волокна, изготовленной методом роботизированной намотки. Конструкция показывает, как сочетание традиционных текстильных подходов, натуральных материалов и цифровых технологий может способствовать широкому использованию возобновляемых ресурсов в архитектуре.

Здание Texoversum, Ройтлингене, Германия, 2023

В 2023 г. в Ройтлингене реализован проект образовательного и инновационного центра *Texoversum* – новаторского проекта, который стал частью расширения кампуса Университета прикладных наук. Здание создано совместными усилиями архитектурных бюро *Allmannwappner* и *Menges Scheffler Architekten* при участии инженерного бюро *Jan Knippers Ingenieure* и исследовательских групп *ICD*/*ITKE* Штутгартского университета.

Texoversum – центр обучения и исследований в области междисциплинарных текстильных технологий. В основе архитектурного проекта лежит тема текстиля – как в функциональном, так и в эстетическом плане. Его главная особенность – революционный фасад из углеродного и стекловолокна, созданный с помощью роботизированной технологии намотки.

Фасад состоит из самонесущих панелей, изготовленных на основе пяти шаблонов. Их расположение повторяет траекторию движения солнца и создает уникальный многослойный эффект. Панели размещены в шахматном порядке – благодаря этому открывается беспрепятственный вид на окрестности. При этом элементы не требуют дополнительной несущей конструкции.

Особенности проекта заключаются в его текстильной эстетике и функциональности: фасад напоминает тканую структуру – панели из углеродного и стекловолокна формируют выразительный облик здания.

Роботизированная намотка позволила индивидуально настраивать каждый элемент под функциональные требования. Ориентация пане-

лей учитывает движение солнца – фасад выполняет роль солнцезащитного устройства. Конструкция защищает от непогоды, обеспечивает нужный уровень затенения и при этом выглядит эффектно, символизируя потенциал волокнистых материалов и робототехники в архитектуре.

Texoversum демонстрирует, как текстильные методы и передовые технологии (роботизация, вычислительное проектирование) могут преобразить архитектуру. Проект задает новый стандарт для инновационных зданий, объединяя функциональность, экологичность и выразительный дизайн.

Проведенные в институтах *ICD*/*ITKE* исследования показывают, что интеграция текстильных методов с роботизированными технологиями дает ряд преимуществ для архитектурного проектирования:

– возможность создания оболочек двойной кривизны и органических форм, недоступных при традиционных методах строительства;

– снижение веса конструкций за счет оптимизации намотки волокон и минимизации отходов материала;

– ускорение производственного цикла благодаря автоматизации процесса намотки;

– интеграцию инженерных систем (датчиков, освещения, вентиляции) непосредственно в структуру конструкции;

– расширение эстетических возможностей – формирование текстурных поверхностей, варьирование прозрачности и светопроницаемости, динамичных визуальных эффектов.

Выводы

Анализ проектов институтов *ICD*/*ITKE* Штутгартского университета подтвердил возможность применения текстильных методов, таких как плетение, переплетение и многослойная намотка, в создании архитектурных конструкций. Это открывает принципиально новые возможности для проектирования структур, которые невозможно реализовать с использованием традиционных строительных технологий.

Сопоставление роботизированной намотки композитных материалов и традиционных текстильных техник показало принципиальное сходство алгоритмов. Схемы намотки волокон повторяют принципы ткачества и плетения, а управление плотностью и ориентацией нитей соответствует формированию текстильных структур.

Практическое применение технологии многослойного волокнистого формообразования подтверждает ее потенциал для объектов разного масштаба.

Метод уже успешно реализован в арт-объектах и временных павильонах, а также демонстрирует перспективность при создании фасадов сложной формы, купольных и сводчатых конструкций, модульных сборно-разборных систем.

Применение данного метода дает ощутимые преимущества по сравнению с традиционными строительными технологиями. В частности, конструкции получаются значительно легче, монтируются быстрее, допускают проектирование сложных форм и требуют меньше ресурсов.

Использование текстильных подходов в роботизированном архитектурном производстве дает возможность создавать конструкции, которые отличаются не только повышенной надежностью и долговечностью, но и выразительным визуальным обликом.

Этот подход позволяет архитекторам реализовывать проекты, которые ранее были технически или экономически неосуществимы.

Литература

1. Измайлова, А. Павильоны «биологического происхождения» / А. Измайлова // Archi.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://archi.ru/world/83344/pavilony-biologicheskogo-proiskhozhdeniya.

2. Каблов, Е.Н. Углепластики на основе бензоксазиновых олигомеров – перспективные материалы / Е.Н. Каблов, М.И. Валуева, И.В. Зеленина, В.В. Хмельницкий, В.М. Алексашин // Труды ВИАМ. – 2020. – № 1(85) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: //www.viam-works.ru.

3. Сабинова, А.А. Применение карбона в современном строительстве / А.А. Сабинова, К.К. Забродская // Digital. – 2023. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-karbona-v-sovremennom-stroitelstve.

4. Lamm, M. The Fiberglass Story / M. Lamm // Invention & Technology. – 2007. – Vol. 22. –

Iss. 4. – P. 10.

5. Menges, A. Computational co-design of fibrous architecture / A. Menges, F. Kannenberg, C. Zechmeister // Architectural Intelligence. – 2022. – Vol. 1. – No. 1. – P. 6.

6. Menges, A. Fabricate: Rethinking Design and Construction / A. Menges, B. Sheil, R. Glynn, M. Skavara. – London : UCL Press, 2017. – 260 p.

7. Yuan, P.F. Digital Fabrication / P.F. Yuan, N. Leach, A. Menges. – London : ACC Art Books, 2018. – 304 p.

References

1. Izmajlova, A. Pavilony «biologicheskogo proiskhozhdeniya» / A. Izmajlova // Archi.ru [Electronic resource]. – Access mode : https://archi.ru/world/83344/pavilony-biologicheskogo-proiskhozhdeniya.

2. Kablov, E.N. Ugleplastiki na osnove benzoksazinovykh oligomerov – perspektivnye materialy / E.N. Kablov, M.I. Valueva, I.V. Zelenina, V.V. KHmelnitskij, V.M. Aleksashin // Trudy VIAM. – 2020. – № 1(85) [Electronic resource]. – Access mode : http: //www.viam-works.ru.

3. Sabinova, A.A. Primenenie karbona v sovremennom stroitelstve / A.A. Sabinova, K.K. Zabrodskaya // Digital. – 2023. – № 2 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-karbona-v-sovremennom-stroitelstve.

© Е.В. Сафонова, 2026

УДК 69.003:658

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.А. ЛАПИДУС, Т.Т. АЛБОРОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: организационная структура; жилищное строительство; схемы взаимодействия; застройщик; технический заказчик; дублирование функций.

Аннотация: Целью данной статьи является определение особенностей формирования организационных структур участников строительства жилых объектов и обоснование необходимости разработки инструмента для их оптимизации. Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи: проведен анализ существующих подходов к формированию организационных структур, классифицированы типовые схемы взаимодействия (А, Б, В, Г, Д) и выделены ключевые функции застройщика, технического заказчика, генерального проектировщика и генерального подрядчика. Рабочая гипотеза исследования заключается в предположении, что существующее дублирование функций в стандартных схемах взаимодействия участников проектов жилищного строительства является системной проблемой, требующей формализации и разработки нового инструментального подхода. Исследование выполнено с использованием методов системного анализа, обобщения практического опыта реализации более 20 жилых проектов в Москве и Московской области (2019–2024 гг.), а также экспертных опросов руководителей технических заказчиков и девелоперских компаний. В результате проведенного анализа доказано, что в стандартных схемах взаимодействия участников (застройщик, технический заказчик, генеральный проектировщик, генеральный подрядчик) имеет место дублирование функций, что ведет к увеличению сроков и стоимости проектов. Обоснована необходимость разработки нового инструмента, позволяющего на основе анализа факторов внешней среды формировать оптимальную модель взаимодействия с четким закреплением конкретного перечня функций за каждым участником.

Жилищное строительство в Российской Федерации характеризуется высокой степенью сложности организационных связей. На практике регулярно фиксируются срывы сроков (более чем по 30 % проектов), превышение сметной стоимости на 12–15 %, а также конфликты между участниками. Одна из глубинных причин – нерациональный выбор организационной структуры управления проектом и дублирование функций [1–4].

В научной литературе описаны общие типы организационных структур, однако применительно к жилищному строительству отсутствует формализованное описание того, как именно должны распределяться роли между застройщиком, техническим заказчиком, генеральным проектировщиком и генеральным подрядчиком с учетом конкретных условий проекта [5; 7].

Цель статьи – выявить особенности формирования организационных структур, классифицировать типовые схемы взаимодействия, описать базовые функции участников и обосновать необходимость разработки инструмента для построения оптимальной модели.

Анализ литературы [2; 5; 8] и отечественной практики позволяет выделить пять типовых схем взаимодействия участников при строительстве жилых зданий (рис. 1). Эти схемы

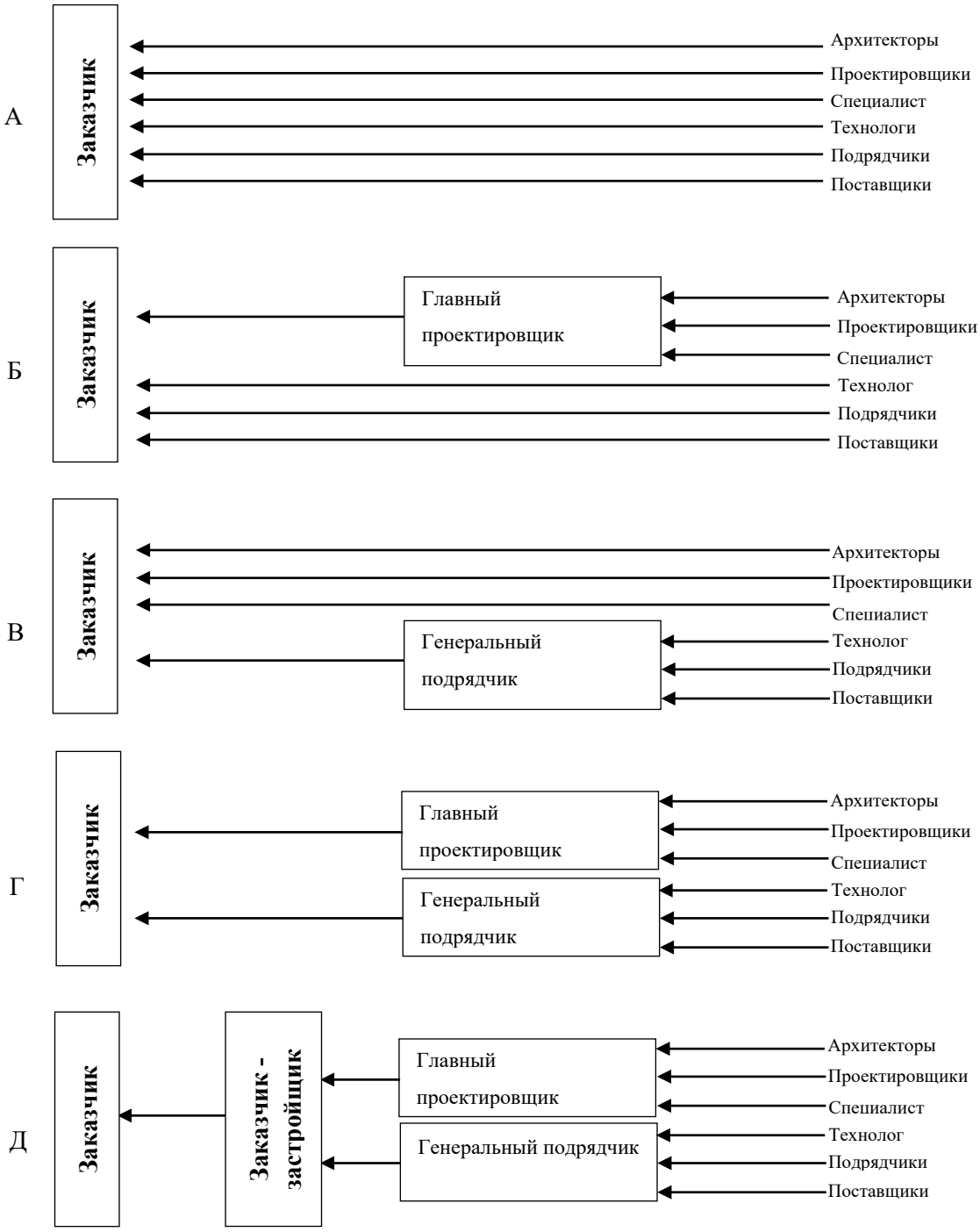

Рис. 1. Схема взаимодействия основных участников проекта

определяют логику распределения полномочий и ответственности между застройщиком, техническим заказчиком, генеральным проектировщиком и генеральным подрядчиком.

Схема А («Прямой заказчик») – наиболее простая форма. Застройщик сам выполняет функции технического заказчика. Применяется для небольших объектов (до 5000 м^2). Риски – все на застройщике. Недостаток: отсутствие профессиональной проектной команды.

Схемы Б и В («Заказчик + генпроектировщик + генподрядчик») – застройщик заключает прямые договоры с проектировщиком и подрядчиком. Координация – через застройщика. Применяется для типового жилья. Ограничение: при масштабе более 15 этажей застройщик тра-

Таблица 1. Роль и деятельность участников организационной структуры

Участник	Ключевая роль	Основные функции
Застройщик	Инициирует проект, несет ответственность перед инвесторами и дольщиками	Стратегическое решение; привлечение финансирования; оформление земли; утверждение договоров; взаимодействие с властями; маркетинг; сдача объекта
Технический заказчик	Единый центр управления проектом от идеи до ввода в эксплуатацию	Формирование ТЗ; получение ИРД; выбор проектировщика; экспертиза ПД; передача РД; технический надзор; ведение реестра договоров; проверка КС-2/КС-3; контроль бюджета; приемочная комиссия
Генеральный проектировщик	Создание проектной и рабочей документации	Разработка ПД (АР, КР, ОВ, ВК, ЭС, ПОС); координация субпроектировщиков; сопровождение экспертизы; разработка РД; авторский надзор; выдача КРД
Генеральный подрядчик	Возведение объекта «под ключ»	Разработка ПОС/ППР; мобилизация; поставка материалов; выполнение СМР; управление субподрядчиками; входной контроль; исполнительная документация; отчеты КС-2/КС-3; охрана труда

Таблица 2. Кодированные функции заказчика (застройщика)

Участник	Категория функций	Конкретные функции	КОД Фактора
ЗАКАЗЧИК / ИНВЕСТОР / ЗАСТРОЙЩИК	Стратегия и финансы	Принятие стратегического решения о строительстве	*X* 1
		Формирование ключевых требований (концепции) объекта	*X* 2
		Утверждение бюджета и общих сроков проекта	*X* 3
		Привлечение финансирования (собственное, кредитное, долевое)	*X* 4
		Приобретение/оформление прав на земельный участок	*X* 5
		Определение целевых показателей (рентабельность, сроки, качество)	*X* 6
	Контроль и взаимодействие	Назначение (утверждение) Технического заказчика	*X* 7
		Утверждение ключевых договоров и крупных закупок	*X* 8
		Контроль хода проекта на высшем уровне через отчеты	*X* 9
		Участие в ключевых приемочных комиссиях	*X* 10
		Взаимодействие с органами власти (часто делегируется)	*X* 11
		Маркетинг и продажи (для коммерческого жилья)	*X* 12
		Сдача объекта государственным комиссиям и передача УК	*X* 13

тит много времени на технические споры.

Схема Г («С выделенным УКС») – в составе застройщика создается управление капитального строительства (**УКС**), которое выполняет функции технического заказчика. Применяется для проектов свыше 30 000 м^2. Риски делятся, происходит фокусировка: застройщик – стратегия, УКС – управление и технадзор.

Схема Д («Полный инжиниринг с внешним техническим заказчиком») – управление осуществляет независимая инжиниринговая компания. Применяется для крупных уникальных проектов. Обеспечивает объективность и полное *BIM*-сопровождение.

На рис. 1 схематично представлены архитектуры этих пяти типов взаимодействия.

Рассмотрев типовые схемы, перейдем к детальному описанию конкретных ролей, которые выполняют участники строительства. На основе анализа нормативной базы и обобщения

Таблица 3. Кодированные функции технического заказчика

Участник	Категория функций	Конкретные функции	КОД Фактора
Технический Заказчик (Управляющий проектом)	Предпроектная и инициация	Формирование и согласование Технического задания (**ТЗ**) на проектирование	*X* 14
		Получение исходно-разрешительной документации (**ИРД**): ГПЗУ, ТУ	*X* 15
		Подготовка инвестиционного и календарного плана (графика)	*X* 16
	Организация проектирования	Выбор и заключение договора с Генеральным проектировщиком	*X* 17
		Координация работы всех проектировщиков (генерального и субпроектировщиков)	*X* 18
		Организация и сопровождение экспертизы проектной документации (**ПД**)	*X* 19
		Контроль сроков, стоимости и качества ПД	*X* 20
	Организация строительства	Проведение тендера и выбор Генерального подрядчика	*X* 21
		Подготовка строительной площадки (административная часть)	*X* 22
		Передача Генподрядчику рабочей документации (**РД**) и ИРД	*X* 23
		Контроль соблюдения графика строительно-монтажных работ (**СМР**)	*X* 24
	Контроль и надзор	Технический надзор за соответствием СМР проекту и нормам	*X* 25
		Контроль качества поступающих материалов и оборудования	*X* 26
		Координация авторского надзора	*X* 27
		Ведение/проверка исполнительной документации (**ИД**)	*X* 28
	Финансово-экономическое управление	Управление бюджетом проекта	*X* 29
		Проверка и согласование объемов работ для оплаты	*X* 30
		Контроль сметной стоимости	*X* 31
	Сдача объекта	Организация приемочных комиссий	*X* 32
		Получение разрешения на ввод в эксплуатацию	*X* 33
		Передача документации Заказчику и эксплуатирующей организации	*X* 34
	Общие и сквозные	Обеспечение безопасности информации	*X* 35
		Управление изменениями (ведение единого реестра)	*X* 36
		Проверка информационной модели (*BIM*)	*X* 37

практики (более 20 проектов в Москве и Московской области, 2019–2024 гг.) выделены четыре ключевых участника. В табл. 1 представлены их роли и основные функции [1; 2; 9].

Для более детальной формализации и последующего использования в математической модели все функции участников были кодированы. В табл. 2–5 приведены кодированные функции заказчика, технического заказчика, генерального проектировщика и генерального подрядчика.

Описанные роли и функции реализуются в

Таблица 4. Кодированные функции генерального проектировщика

Участник	Категория функций	Конкретные функции	КОД Фактора
Генеральный проектировщик	Разработка документации	Разработка проектной документации (стадия «П») на основе ТЗ	*X* 38
		Разработка рабочей документации (стадия «Р»)	*X* 39
		Координация работы субпроектировщиков (ОВ, ВК, ЭС и др.)	*X* 40
		Согласование всех разделов проекта между собой	*X* 41
		Подготовка документации для экспертизы	*X* 42
		Изготовление чертежей, спецификаций	*X* 43
	Авторский надзор и сопровождение	Проведение авторского надзора на строительной площадке	*X* 44
		Рассмотрение и согласование запросов на изменения (КРД)	*X* 45
		Участие в освидетельствовании скрытых работ и испытаниях систем	*X* 46
		Ответы на технические вопросы подрядчика в ходе строительства	*X* 47
	Взаимодействие и контроль	Внутренний контроль качества разрабатываемой документации	*X* 48
		Проверка информационной модели на коллизии	*X* 49
		Обеспечение конфиденциальности проектной информации	*X* 50

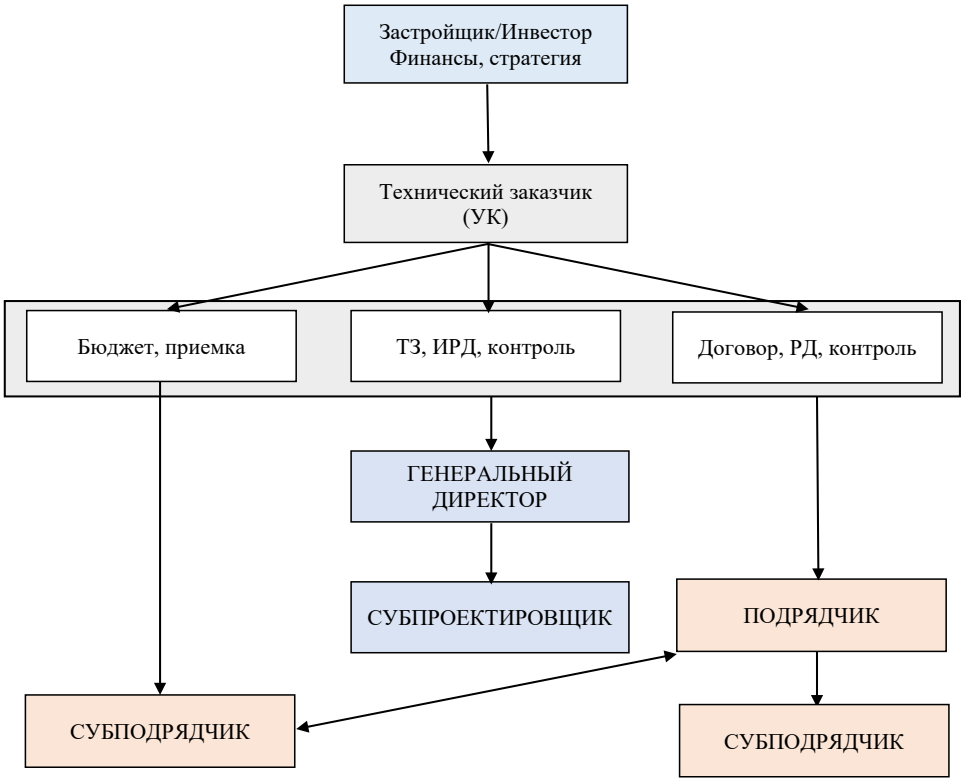

Рис. 2. Стандартная схема взаимодействия участников

Таблица 5. Кодированные функции генерального подрядчика

Участник	Категория функций	Конкретные функции	КОД Фактора
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАКАЗЧИК (Управляющий проектом)	Предпроектная и инициация	Формирование и согласование Технического задания (ТЗ) на проектирование	*X* 14
		Получение исходно-разрешительной документации (ИРД): ГПЗУ, ТУ	*X* 15
		Подготовка инвестиционного и календарного плана (графика)	*X* 16
	Организация проектирования	Выбор и заключение договора с Генеральным проектировщиком	*X* 17
		Координация работы всех проектировщиков (генерального и субпроектировщиков)	*X* 18
		Организация и сопровождение экспертизы проектной документации (ПД)	*X* 19
		Контроль сроков, стоимости и качества ПД	*X* 20
	Организация строительства	Проведение тендера и выбор Генерального подрядчика	*X* 21
		Подготовка строительной площадки (административная часть)	*X* 22
		Передача Генподрядчику рабочей документации (РД) и ИРД	*X* 23
		Контроль соблюдения графика СМР	*X* 24
	Контроль и надзор	Технический надзор за соответствием СМР проекту и нормам	*X* 25
		Контроль качества поступающих материалов и оборудования	*X* 26
		Координация авторского надзора	*X* 27
		Ведение/проверка исполнительной документации	*X* 28
	Финансово-экономическое управление	Управление бюджетом проекта	*X* 29
		Проверка и согласование объемов работ для оплаты	*X* 30
		Контроль сметной стоимости	*X* 31
	Сдача объекта	Организация приемочных комиссий	*X* 32
		Получение разрешения на ввод в эксплуатацию	*X* 33
		Передача документации Заказчику и эксплуатирующей организации	*X* 34
	Общие и сквозные	Обеспечение безопасности информации	*X* 35
		Управление изменениями (ведение единого реестра)	*X* 36
		Проверка информационной модели (*BIM*)	*X* 37

рамках стандартной схемы взаимодействия, которая на практике часто приводит к дублированию работ и конфликтам.

В большинстве проектов используется типовая организационная структура, представленная на рис. 2. Она закреплена в типовых договорных отношениях [3; 6].

Анализ реальных проектов показывает, что при такой структуре возникает дублирование функций [4; 7]:

- технический надзор (технический заказчик) частично перекрывается авторским надзо-

ром (генеральный проектировщик);

• исполнительная документация ведется и техническим заказчиком, и генеральным подрядчиком – двойная работа;

• контроль качества материалов дублируется входным контролем генподрядчика и выборочным контролем техзаказчика.

Это дублирование увеличивает затраты времени и денег, порождает конфликты. Чтобы перейти от констатации проблемы к ее решению, необходимо разработать инструмент, который позволит оптимизировать распределение функций.

В рамках работы предлагается создать инструмент, который позволит с учетом внешних и внутренних факторов (этажность, площадь, наличие подземного паркинга, требования банка, уникальность проекта, уровень цифровизации и др.) формировать оптимальную модель взаимодействия [10–12]. Такой инструмент даст возможность выбрать рациональный тип организационной структуры (одну из схем А–Д) и закрепить за каждым участником конкретный перечень функций, исключив дублирование и пробелы. Представленные выше таблицы кодированных функций (всего 64 кода) создают основу для такого моделирования, позволяя использовать методы математической оптимизации и экспертного анализа.

В результате проведенного анализа установлено, что в жилищном строительстве сложились пять типовых схем взаимодействия участников (А, Б, В, Г, Д), каждая из которых имеет свою область применения в зависимости от масштаба и сложности объекта. Выделены четыре ключевые роли организационной структуры (застройщик, технический заказчик, генеральный проектировщик и генеральный подрядчик), чьи функции в стандартных схемах частично пересекаются, что приводит к дублированию работ, увеличению сроков и стоимости проектов, особенно в зонах технического и авторского надзора, ведения исполнительной документации и контроля качества. Для устранения этих недостатков требуется разработка инструмента, позволяющего на основе анализа внешних и внутренних факторов (этажность, площадь, сложность, условия финансирования и др.) формировать оптимальную модель взаимодействия с закреплением конкретного перечня функций за каждым участником.

Предложенные в статье кодированные таблицы функций ($X1 \ldots X64$) создают базу для такого моделирования.

Литература

1. Топчий, Д.В. Организационно-технологическое проектирование строительного производства: современные тенденции / Д.В. Топчий, М.А. Токарева // Строительство: наука и образование. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 45–58.

2. Лапидус, А.А. Принципы формирования организационно-технологической платформы научно-технического сопровождения уникальных объектов / А.А. Лапидус, И.В. Абрамов // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – № 4. – С. 516–524.

3. Зильберова, И.Ю. Методы моделирования параметров организационно-технологических строительных систем / И.Ю. Зильберова, С.Г. Шеина // Жилищное строительство. – 2025. – № 6. – С. 22–29.

4. Цапко, К.А. Организационные структуры управления в строительстве : учеб. пособие / К.А. Цапко. – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2020. – 72 с.

5. Бузырев, В.В. Формирование организационных структур на основе анализа факторов рационального управления строительными предприятиями / В.В. Бузырев, А.С. Утеева // Управленческое консультирование. – 2023. – № 2. – С. 71–79.

6. Астафьева, О.Е. Теоретическое обоснование необходимости оптимизации структуры управления строительных организаций / О.Е. Астафьева, А.К. Метальникова // Вестник университета (Государственный университет управления). – 2025. – № 6.

7. Букалова, А.Ю. Изменение управленческой структуры при внедрении информационных технологий в деятельность строительной организации / А.Ю. Букалова, К.В. Авдеева // Экономика и управление. – 2024. – № 5.

8. Сират, Д. Анализ основных факторов, влияющих на выбор организационных структур управления при строительстве технически сложных объектов / Д. Сират, А.А. Руденко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – Т. 26. – № 3.

9. Доля, К. Определение новых и структурирование имеющихся организационно-технологических подходов по управлению циклом инженерной подготовки строительно-инвестиционного проекта / К. Доля // Управление развитием сложных систем. – 2020. – № 44. – С. 127–135. – DOI: 10.32347/2412-9933.2020.44.127-135.

10. Vukomanović, M. Project management organizational structures in construction companies / M. Vukomanović, M. Radujković, M.M. Nahod // Organization, Technology and Management in Construction. – 2016. – Vol. 8. – No. 1. – P. 1411–1428.

11. Zidane, Y.J. The role of organizational structure in project success: a systematic literature review / Y.J. Zidane, B. Andersen // International Journal of Project Organisation and Management. – 2018. – Vol. 10. – No. 4. – P. 315–341.

12. Лапидус, А.А. Организационно-технологические параметры, влияющие на критерий допустимости совмещения строительных процессов при производстве отделочных работ в жилых зданиях / А.А. Лапидус, К.С. Толстова, Д.В. Топчий // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 6(105). – С. 12–15.

References

1. Topchij, D.V. Organizatsionno-tekhnologicheskoe proektirovanie stroitelnogo proizvodstva: sovremennye tendentsii / D.V. Topchij, M.A. Tokareva // Stroitelstvo: nauka i obrazovanie. – 2023. – T. 13. – № 2. – S. 45–58.

2. Lapidus, A.A. Printsipy formirovaniya organizatsionno-tekhnologicheskoj platformy nauchno-tekhnicheskogo soprovozhdeniya unikalnykh obektov / A.A. Lapidus, I.V. Abramov // Vestnik MGSU. – 2022. – T. 17. – № 4. – S. 516–524.

3. Zilberova, I.YU. Metody modelirovaniya parametrov organizatsionno-tekhnologicheskikh stroitelnykh sistem / I.YU. Zilberova, S.G. SHeina // ZHilishchnoe stroitelstvo. – 2025. – № 6. – S. 22–29.

4. TSapko, K.A. Organizatsionnye struktury upravleniya v stroitelstve : ucheb. posobie / K.A. TSapko. – Rostov-na-Donu : Donskoj gosudarstvennij tekhnicheskij universitet, 2020. – 72 s.

5. Buzyrev, V.V. Formirovanie organizatsionnykh struktur na osnove analiza faktorov ratsionalnogo upravleniya stroitelnymi predpriyatiyami / V.V. Buzyrev, A.S. Uteeva // Upravlencheskoe konsultirovanie. – 2023. – № 2. – S. 71–79.

6. Astafeva, O.E. Teoreticheskoe obosnovanie neobkhodimosti optimizatsii struktury upravleniya stroitelnykh organizatsij / O.E. Astafeva, A.K. Metalnikova // Vestnik universiteta (Gosudarstvennij universitet upravleniya). – 2025. – № 6.

7. Bukalova, A.YU. Izmenenie upravlencheskoj struktury pri vnedrenii informatsionnykh tekhnologij v deyatelnost stroitelnoj organizatsii / A.YU. Bukalova, K.V. Avdeeva // Ekonomika i upravlenie. – 2024. – № 5.

8. Sirat, D. Analiz osnovnykh faktorov, vliyayushchikh na vybor organizatsionnykh struktur upravleniya pri stroitelstve tekhnicheski slozhnykh obektov / D. Sirat, A.A. Rudenko // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta. – 2024. – T. 26. – № 3.

9. Dolya, K. Opredelenie novykh i strukturirovanie imeyushchikhsya organizatsionno-tekhnologicheskikh podkhodov po upravleniyu tsiklom inzhenernoj podgotovki stroitelno-investitsionnogo proekta / K. Dolya // Upravlenie razvitiem slozhnykh sistem. – 2020. – № 44. – S. 127–135. – DOI: 10.32347/2412-9933.2020.44.127-135.

12. Lapidus, A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskie parametry, vliyayushchie na kriterij dopustimosti sovmeshcheniya stroitelnykh protsessov pri proizvodstve otdelochnykh rabot v zhilykh zdaniyakh / A.A. Lapidus, K.S. Tolstova, D.V. Topchij // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 6(105). – S. 12–15.

© А.А. Лапидус, Т.Т. Алборов, 2026

УДК 69.05

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

В.Н. МИРИКОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: объект строительства; участники строительства; схема взаимодействия.

Аннотация: Выбор рациональной схемы взаимодействия участников строительства во многом определяет эффективность их совместной работы, распределение функционала и управление проектом. В данной статье проведен анализ ключевых факторов, влияющих на выбор схемы взаимодействия, рассмотрены методы, помогающие принимать решение по выбору той или иной схемы.

Целью исследования является рассмотрение основных факторов, влияющих на выбор рациональной схемы взаимодействия участников строительства, для чего используются сравнительный и аналитический методы. Основными задачами являются систематизация влияющих факторов, анализ доступных инструментов и определение их достаточности. Рассматривается гипотеза об управлении жизненным циклом объекта строительства через выбор рациональной схемы взаимодействия участников. Понимание факторов, оказывающих влияние на выбор схемы взаимодействия, приводит к пониманию необходимости инструмента, позволяющего оптимизировать процесс управления через выбор рациональной схемы взаимодействия.

Вопрос эффективности управлении и организации деятельности всегда стоял достаточно остро в строительной отрасли. В современных экономических и геополитических условиях данная проблематика становится только значимей. Как отечественные, так и зарубежные авторы напрямую связывают успешность проектов со структурой управления [1; 2]. Для достижения поставленных целей в рамках временных, бюджетных и качественных параметров важную роль играет выбор рациональной схемы взаимодействия участников строительства, наиболее подходящей для характеристик конкретного объекта строительства и задач, реализуемых при его возведении.

Целью данной работы является рассмотрение проблематики выбора наиболее рациональной схемы взаимодействия участников строительства. В работе будут рассмотрены параметры, позволяющие управлять выбором схемы взаимодействия. Понимание взаимосвязи между параметрами и схемой взаимодействия дает возможность участникам производства принимать обоснованные решения на разных этапах жизненного цикла объекта строительства, учитывая специфику данного объекта, но с учетом общих тенденций.

В процессе проведения исследования применялся системный анализ существующих научных трудов в области организации строительства, а также взаимодействия участников строительства.

Ввиду того, что объект строительства является по своей сути многофакторным структурным образованием, при его реализации, зачастую, возникает сложный формат взаимодействия различных категорий участников (как внешних, так и внутренних). К внешней среде строительства можно отнести таких участников, как региональные органы надзора и управления строительством, поставщики материалов и рабочей силы в регионе строительства, местные жители и организации, расположенные в непосредственной близости от площадки строительства. К внутренней среде строительства объекта относят непосредственных участников,

а именно: инвестора, застройщика, технического заказчика, строительный контроль и НТС, подрядчиков и проектировщиков. Именно их взаимодействие в первую очередь определяет достижение запланированных целей строительства, прежде всего качества, сроков и стоимости. Поэтому в дальнейшем в настоящей работе внимание будет сфокусировано на выборе рациональной схемы взаимодействия внутренних участников.

Системный подход к анализу состава участников жизненного цикла объекта строительства и их функционала играет важную роль в успешной реализации проекта.

Заказчик определяет основные требования к проекту, такие как бюджет, сроки выполнения, функциональные характеристики и качество. Бюджетные ограничения заказчика могут влиять на выбор подрядчиков и методов финансирования проекта, что, в свою очередь, определяет структуру управления финансами проекта.

Проектировщики и консультанты определяют технические требования и рекомендации, которые влияют на выбор технологий, материалов и методов строительства. Их участие может требовать создания специализированных команд или отделов для управления проектированием и техническим надзором [3]. Они также могут внести вклад в обеспечение соблюдения экологических стандартов и нормативных требований, что может потребовать создания специальных команд по управлению окружающей средой и соблюдению нормативных актов.

Подрядчики и поставщики выполняют работу по строительству и поставке материалов. При управлении подрядчиками необходимо обеспечивать контроль за качеством, безопасностью и соблюдением сроков выполнения работ. В случае комплексных проектов может потребоваться управление множеством подрядчиков и субподрядчиков, что требует четкого и отлаженного взаимодействия для координации и управления всеми участниками процесса.

В настоящее время решение о выборе схемы взаимодействия участников принимается обычно застройщиком или техническим заказчиком. Важно отметить, что данное решение принимается обычно в условиях неопределенности, недостатка исходной информации и постоянных рисков частичной или полной утраты функционального качества строительной продукции. В связи с этим возникает необходимость моделирования процессов реализации организационно-технологических решений в зависимости от управляемых параметров строительного объекта.

При выборе схемы взаимодействия участников строительства рационально учитывать такие параметры, как размер объекта; степень его сложности; количество зданий и сооружений, входящих в его состав; уровень унификации и типизации проектных решений; необходимость применения специальных и вспомогательных сооружений, узлов, пионерного строительства; разнообразие предполагаемых строительных процессов и технологическую диверсификацию; число проектных (в том числе компаний, выполняющих обследования и изыскания, а также при необходимости научно-техническое сопровождение), подрядных и субподрядных организаций, участвующих в строительстве.

Влияние размера проекта на схему взаимодействия можно рассмотреть в следующем ракурсе. Чем крупнее по размеру и количеству зданий и сооружений проект, тем больше подзадач необходимо решать, соответственно, возникает необходимость координации большего числа единовременно ведущихся работ, увязки во времени связанных между собой технологических последовательностей. На таких объектах рационально спланировать производство работ поточным методом, с разбиением зданий на захватки и переходом рабочих с одной захватки на другую без организационных разрывов. Соответственно, подобная организация процессов требует выбор более сложной организационной структуры с большим количеством работников со стороны всех участников строительства.

Очевидно, что наиболее рациональным решением в данном случае будет выбор схемы взаимодействия с привлечением отделов планирования, а также некоторой степенью децентрализации, когда для отдельного здания/узла могут приниматься самостоятельные решения, хотя и в рамках общего плана строительства объекта. При этом может потребоваться создание специализированных отделов для управления взаимоотношениями с разными участниками и интеграции их работы в общий процесс.

Аналогичный подход применим и по отношению к сложности объектов.

В соответствии с классификацией [4] можно представить градацию объектов по сложно-

Таблица 1. Градация объектов по сложности

Характеристика проектных решений и условий строительства	Степень сложности объекта строительства		
	Сложный	Средней сложности	Несложный
Состав объекта и объемно-планировочные решения	Состоящий из большого числа зданий и сооружений, либо одного здания (сооружения), включающего помещения (участки) с различными нетиповыми технологическими, объемно-планировочными и конструктивными решениями	Состоящий из нескольких нетиповых зданий и сооружений, отличающихся повторяемостью основных габаритных схем, размеров и объемов строительно-монтажных работ по отдельным помещениям (участкам, цехам) или одного здания (сооружения), включающего несколько помещений (участков, цехов) с применением унифицированных технологических, объемно-планировочных и конструктивных решений	Состоящий из нескольких типовых зданий и сооружений или одного здания (сооружения) небольшого строительного объема с простыми технологическими процессами, объемно-планировочными и конструктивными решениями
Конструктивные решения	Имеющий здания и сооружения с особо сложными конструкциями и условиями производства работ, при которых необходимо применение специальных вспомогательных сооружений, приспособлений, устройств и установок		
Строительные процессы	Отличающийся разнообразием строительных процессов и стесненными условиями выполнения строительно-монтажных работ	Отличающийся возможностью организации пообъектного (попролетного, посекционного) выполнения повторяющихся строительных процессов методами непрерывных или цикличных строительных потоков	
Организации, участвующие в строительстве	Требующий участия в проектировании, строительстве, монтаже оборудования и материально-техническом обеспечении большого числа взаимосвязанных специализированных организаций и предприятий	Связанный с привлечением к строительству нескольких специализированных организаций	Проектируемый, как правило, в одну стадию и предусматривающий участие в строительстве (кроме генеральной подрядной строительной организации) не более одной-двух специализированных организаций

сти в виде табл. 1.

При повышении сложности объекта появляется необходимость усложнения схемы взаимодействия участников взаимодействия (увеличение количества рабочих требует дополнительных линейных ИТР, что, в свою очередь, также ведет к увеличению руководящего состава и офисных работников; добавляются специализированные отделы и субподрядчики для решения дополнительных задач, возникающих с связи со сложной технологией строительства / особенностями строящегося объекта).

Сложная или инновационная технология строительства может потребовать создания специализированных отделов и групп, отделов обучения и повышения квалификации. Сложные технические проекты часто требуют создания специализированных отделов или групп, кото-

рые могут заниматься управлением рисками, инженерией, техническим надзором и инновациями, что помогает обеспечить высокий уровень технической компетенции и контроля качества работ.

Также сложность проекта часто требует новых знаний и навыков, необходимых для успешной реализации проекта, что приводит к необходимости проведения дополнительного обучения сотрудников.

Усложнение схемы взаимодействия требует большей координации участников. Кроме того, поскольку на практике в принятии решений участвуют не только непосредственно погруженные в технологию специалисты, но и сотрудники других отделов (юридического, сметно-договорного, отдела маркетинга и т.п.), взаимодействие усложняется еще больше, что негативно влияет на сроки строительства ввиду увеличения сроков принятия решений.

С другой стороны, отсутствие профильных специалистов с достаточным уровнем компетенции по тематике, а также нехватка сотрудников будет влиять на качество решений одинаково негативно – решения будут приниматься либо в условиях нехватки времени на полноценный анализ проблемы, либо без глубокого понимания сути задачи и ее влияния на строительство объекта в целом.

Таким образом, наиболее рациональной схемой взаимодействия будет та, что в наибольшей степени будет соответствовать целям и задачам объекта строительства с учетом его технологических, конструктивных характеристик, разнообразия строительных процессов и условий строительства. Очевидно, что при строительстве в центре крупного мегаполиса на участке, расположенном между функционирующими зданиями, потребуются значительные ресурсы на организационные и подготовительные мероприятия, согласование доступа на объект машин и механизмов, возможно устройство дополнительных временных сооружений. График работы (в течение суток/недели) также будет зависеть во многом от стесненности условий, что потребует четкости и формализации взаимодействия, в том числе в части использования подъездных путей, разгрузочных площадок, подъемных механизмов, особенно при наличии большого количества подрядчиков/субподрядчиков. С учетом данных факторов и будет определяться схема взаимодействия.

Напротив, для небольших объектов, индивидуального жилого строительства и т.п. наиболее рациональной будет простая схема с минимальной иерархией. Руководитель проекта может выполнять несколько ролей, включая закупки, управление строительной площадкой и взаимодействие с клиентами [5].

В настоящее время при выборе наиболее рациональной схемы строительства используют несколько подходов и техник.

Одними из значимых применяемых инструментов являются методики *Agile*, *Integrated Project Delivery* (***IPD***), а также *Lean Construction*. Применение данных методов требует создания кросс-функциональных команд, которые работают в тесной координации и ориентированы на постоянное улучшение процессов, что приводит к уменьшению иерархических уровней и увеличению автономии команд [6]. Использование метода *IPD* предполагает участие всех ключевых участников проекта (заказчики, проектировщики, подрядчики) в инвестиционно-строительном проекте от прединвестиционной стадии до сдачи объекта в эксплуатацию [7]. Это требует формирования нового уровня координации и управления, обеспечивающего эффективное взаимодействие и совместное принятие решений.

Внедрение новых технологий, таких как *Agile*, *Lean Construction* и *Integrated Project Delivery* (*IPD*), требует создания соответствующей инфраструктуры для их поддержки и управления: создание или расширение *IT*-отдела, который будет отвечать за управление цифровыми платформами, программным обеспечением и технологической инфраструктурой; создание отдела, отвечающего за внедрение новых технологий и инноваций, тестирование и адаптацию новых методов строительства, а также за обучение сотрудников новым навыкам и технологиям.

В реализации масштабных гражданских проектов, таких как аэропорты или спортивные стадионы, часто используется подход *Integrated Project Delivery* (*IPD*), что требует создания интегрированных команд, объединяющих заказчиков, проектировщиков и подрядчиков для совместной работы над проектом.

Проблемы, связанные с выбором рациональной схемы взаимодействия участников строительства, могут быть разнообразными и охватывать различные аспекты проекта на разных этапах его жизненного цикла. Рассмотрим основные проблемы, которые могут возникать

при выборе схемы взаимодействия в строительстве.

• Ограниченность бюджета может существенно уменьшить выбор схемы, например, влиять на решение о привлечении внешних подрядчиков или на использование внутренних ресурсов.

• Новые технологии и инновации могут требовать адаптации для эффективного управления и внедрения новых методов строительства (например, применение *BIM* или *Lean Construction*).

• Недостаточная коммуникация и неэффективная координация между участниками проекта могут привести к задержкам, конфликтам и потере информации [8]. Рациональная схема взаимодействия должна учитывать всех участников и правильно связывать соответствующие функциональные подразделения разных участников.

• Разнообразие заинтересованных сторон (заказчики, государственные органы, общественность) может создавать противоречия в требованиях к проекту, что требует гибкости и адаптации схемы для учета всех интересов.

Каждая из этих проблем может потребовать глубокого анализа и подходящих теоретических подходов для выбора наиболее рациональной схемы взаимодействия участников строительства, позволяющей эффективно управлять ресурсами, сроками, качеством и рисками.

Для решения указанных выше проблем можно применять различные схемы и методы. Изначально, на предпроектном этапе строительства, необходимо провести детальный анализа исходно-разрешительной документации, технических и организационных требований проекта. Исходя из этого, возможно определить необходимый уровень сложности объекта, что позволит выбрать такую схему взаимодействия, которая в наибольшей степени будет соответствовать специфике проекта.

Рациональная схема взаимодействия между всеми участниками проекта будет способствовать предотвращению конфликтов, улучшению понимания требований и сроков, а также повышению общей прозрачности и ответственности каждого из участников строительства. Включение представителей всех заинтересованных сторон в процесс принятия решений способствует учету разнообразных требований и интересов, в том числе не только заказчика, но и проектировщиков, подрядчиков, государственных органов и общественности.

Однако для многих заказчиков, особенно в условиях неопределенности на предпроектном этапе строительства, выбор наиболее рациональной схемы взаимодействия участников, подходящей для конкретного объекта, может стать проблемой, особенно, при условии недостатка опыта или компетенции в новой для него отрасли. В связи с этим нужна разработка механизма, позволяющего провести алгоритмизацию шагов, необходимых для выбора рациональной схемы взаимодействия и дальнейшего управления участниками строительства и эффективностью их взаимодействия.

Выбор рациональной схемы взаимодействия оказывает значительное влияние на успешность выполнения строительных проектов. Она определяет распределение ответственности, координацию деятельности участников проекта и обеспечивает эффективное использование ресурсов. Выбор схемы взаимодействия зависит от многих факторов, наиболее значимыми из которых являются размер и сложность проекта с учетом технологических и организационных особенностей объекта строительства.

Эффективная коммуникация и сотрудничество между участниками проекта на всех этапах жизненного цикла являются важными составляющими успешной реализации объекта строительства.

При управлении эффективностью взаимодействия участников жизненного цикла объекта строительства первым шагом для повышения эффективности и улучшения качества принятия решений является анализ характеристик объекта, его размера, сложности и ключевых особенностей, на основании чего производится выбор наиболее рациональной схемы взаимодействия для конкретного объекта.

Литература

1. Hyväri, I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations / I. Hyväri // International Journal of Project Management. – 2006. – Vol. 24. – No. 3. – P. 216–225.

2. Lechler, T.G. An Alternative Taxonomy of Project Management Structures: Linking Project Management Structures and Project Success / T.G. Lechler, D. Dvir // IEEE Transactions on Engineering

Management. – 2010. – Vol. 57. – No. 2. – P. 198–210.

3. Козлова, А.Ю. Формирование организационных структур в проектировании промышленного производства / А.Ю. Козлова // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 8–13.

4. Олейник, П.П. Организация строительного производства : монография / П.П. Олейник // Саратов : Электронно-библиотечная система iprbooks, 2013. – 599 с.

5. Олейник, П.П. Факторы, влияющие на выбор организационной структуры объекта строительства / П.П. Олейник, В.Н. Мириков, Б.Е. Монахов // Строительное производство. – 2024. – № 3. – С. 64–70.

6. Malla, V. Structuration of lean-agile integrated factors for construction projects / V. Malla // Construction innovation. – 2023. – No. 1.

7. Quangyen Tran. Organizational structure: influencing factors and impact on a firm / Quangyen Tran, Yezhuang Tian // American journal of industrial and business management. – 2013. – Vol. 3. – P. 229–236.

8. Крюков, К.М. Методология повышения качества управления при интегрированном подходе к реализации инвестиционно-строительных проектов / К.М. Крюков, М. Аль-Зубайди // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 8(68). – С. 1–11.

References

3. Kozlova, A.YU. Formirovanie organizatsionnykh struktur v proektirovanii promyshlennogo proizvodstva / A.YU. Kozlova // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2023. – № 3. – S. 8–13.

4. Olejnik, P.P. Organizatsiya stroitelnogo proizvodstva : monografiya / P.P. Olejnik // Saratov : Elektronno-bibliotechnaya sistema iprbooks, 2013. – 599 s.

5. Olejnik, P.P. Faktory, vliyayushchie na vybor organizatsionnoj struktury obekta stroitelstva / P.P. Olejnik, V.N. Mirikov, B.E. Monakhov // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2024. – № 3. – S. 64–70.

8. Kryukov, K.M. Metodologiya povysheniya kachestva upravleniya pri integrirovannom podkhode k realizatsii investitsionno-stroitelnykh proektov / K.M. Kryukov, M. Al-Zubajdi // Inzhenernij vestnik Dona. – 2020. – № 8(68). – S. 1–11.

© В.Н. Мириков, 2026

УДК 69.05

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (BIM) КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОРСКОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЗАКАЗЧИКА ЗА СООТВЕТСТВИЕМ РАБОТ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Т.Э. ХАЕВ, Н.П. ЕГОРОВА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: авторский надзор; *BIM*; информационное моделирование; проектная документация; строительный контроль; технический заказчик; цифровизация строительства.

Аннотация: Целью исследования является обоснование эффективности применения технологий информационного моделирования (*BIM*) для повышения качества авторского и строительного контроля заказчика при проверке соответствия выполненных работ проектной документации.

Задачи включают в себя выявление существующих проблем традиционной системы контроля, основанной на бумажном документообороте; определение возможности *BIM* для автоматизации контрольных процедур; предложение направления цифровой трансформации деятельности технического заказчика.

Гипотеза заключается в том, что внедрение *BIM*-технологий позволяет преодолеть недостатки традиционного контроля (разрозненность данных, запаздывание решений, высокую трудоемкость) за счет создания единого информационного пространства, автоматизации коллизионного анализа и визуализации отклонений.

В работе использованы методы анализа нормативно-правовой базы и существующей практики строительного контроля; систематизация проблем традиционного подхода; изучение возможностей *BIM*-инструментов (*Autodesk Navisworks*, *Forma*, *Thinkproject VDC Manager*, *CDE*, 4*D*/5*D*-моделирование, интеграция с *IoT*).

Достигнуты результаты: выявлены ключевые преимущества *BIM* в контрольной деятельности – автоматизация документооборота, снижение трудоемкости формирования отчетности на 50–70 %, раннее обнаружение коллизий, возможность удаленного мониторинга и документированной истории замечаний. Предложены организационные меры внедрения *BIM*-контроля (*BIM*-требования в договорах, регламенты обмена данными, повышение квалификации). Сделан вывод о принципиальном повышении качества строительства и снижении рисков несоответствия работ проектной документации при переходе на *BIM*.

Введение

В условиях современного строительства в России качество монтажных и строительных работ становится ключевым фактором конкурентоспособности. Для успешного контроля качества необходимо, чтобы заказчик внимательно следил за соответствием выполненных работ проектной документации. Однако существующая система авторского и строительного надзора, которая базируется на традиционных методах документирования, сталкивается с рядом значительных проблем, снижающих ее эффективность [3].

В условиях современной «цифровой экономики» применение информационных технологий в строительстве становится все более важным. Одним из передовых инструментов,

который может изменить методы контроля со стороны заказчика, является технология информационного моделирования зданий (***BIM***).

В данной статье рассматривается вопрос о том, как *BIM*-технологии могут повысить эффективность работы технического заказчика при выполнении авторского и строительного контроля. Также анализируются пути улучшения контрольных процедур за счет цифровизации документооборота.

Нормативно-правовое регулирование контрольной деятельности

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации обеспечение качества в строительстве реализуется через три основных механизма: государственный строительный надзор, строительный контроль и авторский надзор [3].

Строительный контроль осуществляется как лицом, ответственным за строительство, так и техническим заказчиком в соответствии с действующими нормативно-техническими актами. В рамках этого контроля проверяются организационно-технологическая документация, рабочая документация и исполнительная документация. Также проводится визуально-инструментальный контроль, геодезические измерения и лабораторные исследования.

Авторский надзор проводит разработчик проектной документации. Он проверяет, насколько выполненные работы соответствуют проектным решениям. Правила проведения авторского надзора регулируются нормативными актами Российской Федерации.

Технический заказчик играет центральную роль в системе контроля, собирая данные от подрядчиков и проектировщиков, а также координируя действия всех участников строительного процесса.

Проблемы традиционной системы контроля

Анализ организации контроля качества в строительной отрасли выявляет ряд системных проблем, присущих традиционным методам [3].

1. Низкий уровень качества документооборота.
2. Разрозненность информационных потоков.
3. Запаздывание контрольных процедур.
4. Трудности визуализации отклонений.
5. Высокая трудоемкость формирования отчетности.

Указанные проблемы обусловливают необходимость поиска новых подходов к организации контрольной деятельности заказчика.

Сущность и возможности BIM-технологий

Информационное моделирование зданий (*BIM*) представляет собой подход к проектированию, строительству и эксплуатации объекта, основанный на создании единой цифровой информационной модели, содержащей все сведения о здании или сооружении.

BIM-технологии предлагают заказчикам ряд важных функций, которые облегчают контроль над проектом. Среди них – создание единого информационного пространства, автоматическое обнаружение конфликтов, 4*D*-моделирование, 5*D*-моделирование и интеграция с системами мониторинга.

Современные программные инструменты, такие как *Autodesk Navisworks*, *Autodesk Forma* и *Thinkproject VDC Manager*, предлагают возможности для интеграции разноплановых моделей, автоматизированного выявления коллизий и оперативного управления замечаниями.

Применение BIM в деятельности заказчика

Для технического заказчика *BIM*-технологии открывают новые возможности организации контрольной деятельности.

Входной контроль проектной документации может осуществляться с использованием автоматизированных инструментов проверки модели на соответствие заданным правилам и нормативам. Коллизионный контроль позволяет выявить пересечения между различными разделами (архитектурные решения с конструктивными, инженерные сети между собой и с несущими конструкциями) до начала строительно-монтажных работ.

Операционный контроль может быть организован посредством внесения результатов проверок непосредственно в информационную модель с привязкой к конкретным элементам и геопространственной привязкой.

Приемочный контроль упрощается за счет возможности сравнения фактического состояния (данные лазерного сканирования, фотограмметрии) с проектной моделью.

Особого внимания заслуживает возмож-

ность интеграции *BIM* с *IoT*-технологиями. Как отмечается в исследованиях, установка *IoT*-наблюдателей на элементах несущих конструкций позволяет регистрировать физические параметры в реальном времени, выявлять дефекты и формировать рекомендации по их устранению непосредственно в среде *BIM*-модели [6].

Повышение эффективности контроля на основе BIM

Одним из ключевых направлений повышения эффективности контрольной деятельности является цифровизация документооборота строительного контроля. Традиционный перечень документации, включающий акты визуально-измерительного контроля, акты входного контроля материалов, реестры актов-предписаний, общие журналы работ и множество других форм, может быть существенно оптимизирован при внедрении *BIM*-технологий [5].

Успешность *BIM*-контроля во многом зависит от способности объединить все контрольные процессы в единую цифровую платформу. Концепция *Common Data Environment* (***CDE***) подразумевает формирование общего информационного поля, где все участники строительного процесса работают с самыми актуальными версиями документов и моделей.

В такой среде реализуются следующие возможности.

1. Единая система управления замечаниями, где каждое выявленное отклонение получает свой статус (выявлено, принято к устранению, устранено, проверено).

2. Привязка результатов контроля к элементам *BIM*-модели, что обеспечивает наглядную визуализацию выявленных несоответствий.

3. Автоматическая маршрутизация замечаний ответственным лицам с установлением сроков устранения.

4. Автоматическое формирование реестров и отчетов без необходимости ручного внесения данных.

Эффективность *BIM*-контроля во многом определяется возможностью интеграции всех контрольных процедур в единую цифровую среду. Концепция *Common Data Environment* (*CDE*) предполагает создание единого информационного пространства, в котором все участники строительства работают с актуальными версиями документов и моделей.

Дополнительным преимуществом *BIM*-технологий для заказчика является возможность использования 4*D*- и 5*D*-моделирования в контрольных целях.

4*D*-моделирование (3*D* + время) позволяет увязать каждый элемент информационной модели с календарным графиком производства работ.

5*D*-моделирование (3*D* + время + стоимость) добавляет к модели стоимостные характеристики.

Практические аспекты внедрения BIM-контроля

Внедрение *BIM*-технологий в деятельность заказчика требует не только технического, но и организационного перестроения. Представим ключевые элементы такой трансформации.

1. Формирование *BIM*-требований в договорной документации с подрядчиками и проектировщиками.

2. Разработка регламентов информационного обмена – определение форматов, периодичности и ответственности за предоставление данных.

3. Повышение квалификации специалистов заказчика, ответственных за строительный контроль.

4. Внедрение процедур проверки информационных моделей на соответствие требованиям заказчика.

Исследования показывают, что успешность внедрения *BIM*-контроля напрямую зависит от качества нормативно-правовой базы, в частности – возможности использования электронной подписи и придания юридической силы документам, формируемым в цифровой среде [3].

В табл. 1 представлен анализ существующего опыта применения *BIM* в строительном контроле.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о неэффективности традиционной системы авторского и строительного контроля заказчика, основанной на бумажном документообороте и разрозненных информационных потоках. Данный подход характеризуется низкой оперативностью выявления отклонений, высокой трудоемкостью формирования отчетности

Таблица 1. Анализ существующего опыта применения *BIM* в строительном контроле

Область эффекта	Ожидаемый результат
Снижение трудоемкости контроля	Автоматизация рутинных операций, сокращение времени на формирование отчетности на 50–70 %
Повышение качества выявления нарушений	Раннее обнаружение коллизий и несоответствий
Ускорение принятия решений	Сокращение времени на согласования и утверждения
Снижение рисков судебных споров	Наличие документированной истории изменений и замечаний
Обеспечение непрерывности контроля	Возможность удаленного мониторинга хода строительства

и отсутствием наглядной привязки результатов проверок к конструктивным элементам.

Решением указанных проблем выступает внедрение технологий информационного моделирования (*BIM*). *BIM*-технологии позволяют создать единое информационное пространство, автоматизировать выявление коллизий между разделами проектной документации, обеспечить наглядную визуализацию несоответствий. Ключевыми направлениями применения *BIM* в контрольной деятельности заказчика являются автоматизация документооборота, коллизионный анализ, 4*D*- и 5*D*-моделирование для контроля сроков и стоимости строительства.

Для успешного внедрения *BIM*-контроля необходимо провести организационные изменения. Это включает разработку регламентов для обмена информацией, интеграцию *BIM*-требований в договоры и повышение квалификации специалистов заказчика. При выполнении этих шагов ожидается уменьшение трудоемкости контроля и более быстрое принятие решений.

В будущем планируется разработать методику авторского и строительного контроля, основанную на *BIM*-технологиях, а также интегрировать модель с *IoT* для оперативного мониторинга состояния строительных объектов.

Таким образом, применение *BIM* представляет собой принципиально новый подход к организации контроля, способный существенно повысить качество строительства и снизить риски несоответствия работ проектной документации.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023).
2. СП 48.13330.2019. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004.
3. Сиргалин, Р.Р. Повышение качества строительного контроля на основе технологий BIM / Р.Р. Сиргалин, А.М. Эльшейх // Цифровизация. – 2024. – Т. 5. – № 1. – С. 8–17.
4. Зайцев, В.О. Мониторинг зданий в BIM-комплексах в период эксплуатации, капитального ремонта и реконструкции на примере стадиона «Заря» / В.О. Зайцев, А.Н. Богданов // Известия КГАСУ. – 2020. – № 4(54). – С. 88–95.
5. Дрозд, О.В. Методика оперативного контроля и анализа конструктивных решений уникальных зданий и сооружений / О.В. Дрозд, М.А. Салимов // Цифровизация. – 2024. – Т. 5. – № 1. – С. 8–17.

References

1. Gradostroitelnij kodeks Rossijskoj Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ (red. ot 25.12.2023).
2. SP 48.13330.2019. Organizatsiya stroitelstva. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 12-01-2004.
3. Sirgalin, R.R. Povyshenie kachestva stroitelnogo kontrolya na osnove tekhnologij BIM /

R.R. Sirgalin, A.M. Elshejkh // TSifrovizatsiya. – 2024. – T. 5. – № 1. – S. 8–17.

4. Zajtsev, V.O. Monitoring zdanij v BIM-kompleksakh v period ekspluatatsii, kapitalnogo remonta i rekonstruktsii na primere stadiona «Zarya» / V.O. Zajtsev, A.N. Bogdanov // Izvestiya KGASU. – 2020. – № 4(54). – S. 88–95.

5. Drozd, O.V. Metodika operativnogo kontrolya i analiza konstruktivnykh reshenij unikalnykh zdanij i sooruzhenij / O.V. Drozd, M.A. Salimov // TSifrovizatsiya. – 2024. – T. 5. – № 1. – S. 8–17.

© Т.Э. Хаев, Н.П. Егорова, 2026

УДК 37.013.46

ФОРМИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ К ЗАЩИТЕ РОДИНЫ У СТАРШЕКЛАССНИКОВ ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ж.У. АБДУКАЙИМОВ, Е.П. КУДРИН, Г.Н. ШЕРГИН

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

Ключевые слова и фразы: готовность к защите Родины; патриотическое воспитание; внеурочная деятельность; старшеклассники; педагогическая модель; военно-патриотическое воспитание; гражданская идентичность.

Аннотация: Школа как ключевой институт социализации играет в этом процессе ведущую роль, при этом внеурочная деятельность обладает значительным педагогическим потенциалом, практической ориентированностью и возможностью учета индивидуальных интересов учащихся.

Цель исследования: теоретически обосновать и экспериментально проверить модель формирования готовности к защите Родины у учащихся 10–11 классов в процессе внеурочной деятельности.

Задачи исследования:

1) уточнить сущность и структуру понятия «готовность к защите Родины» применительно к личности старшеклассника;

2) разработать структурно-функциональную модель формирования исследуемого качества во внеурочной деятельности;

3) выявить и экспериментально проверить комплекс педагогических условий, обеспечивающих эффективность реализации данной модели;

4) разработать научно-методические рекомендации для педагогов общеобразовательных организаций.

Методы: в исследовании применялся комплекс теоретических (анализ философской, психолого-педагогической и методической литературы, моделирование) и эмпирических (педагогический эксперимент, тестирование, анкетирование, методы математической статистики) методов.

Результаты: разработана и внедрена структурно-функциональная модель формирования готовности к защите Родины, включающая целевой, содержательно-деятельностный, организационно-методический и оценочно-результативный компоненты. Выявлен и апробирован комплекс педагогических условий, обеспечивающих эффективность данного процесса: интеграция урочной и внеурочной деятельности, использование ресурсов социального партнерства (взаимодействие с военкоматами, ветеранскими организациями, региональными отделениями ДОСААФ России), а также личностно-деятельностный подход, предполагающий проектную и поисковую работу учащихся.

Формирование у молодого поколения готовности к защите своего Отечества является одной из приоритетных задач государственной образовательной политики, что отражено в таких стратегических документах, как Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», «Стратегия национальной безопасности РФ» и «Основы государственной политики по патриотическому воспитанию граждан Российской Федерации».

Данная готовность представляет собой комплексное личностное образование, интегрирующее глубокие патриотические чувства, осознанную гражданскую позицию, необходимые знания в области обороны государства и практические умения, позволяющие реализовать долг по защите Родины [1; 2].

Анализ психолого-педагогической литературы [3; 4] показывает, что проблема патриотического воспитания является традиционно раз-

Таблица 1. Распределение учащихся ЭГ и КГ по уровням сформированности готовности к защите Родины (на контрольном этапе)

Уровень	Экспериментальная группа (чел. /%)	Контрольная группа
Высокий	8/32 %	3/12 %
Средний	14/56 %	13/52 %
Низкий	3/12 %	9/36 %

рабатываемой в отечественной науке. Однако в современных социокультурных условиях возникает необходимость в обновлении содержания, форм и методов данной работы, особенно в контексте внеурочной деятельности, которая, в отличие от урочной, предоставляет широкие возможности для практико-ориентированной, проектной и личностно значимой деятельности старшеклассников.

Исследование проводилось на базе МОБУ «Средняя общеобразовательная школа № 21» городского округа «город Якутск» в 2024–2025 учебном году. В эксперименте приняли участие 50 учащихся 9-х и 10-х классов, разделенных на экспериментальную (**ЭГ**, $n = 25$) и контрольную (**КГ**, $n = 25$) группы.

Для диагностики уровней сформированности готовности к защите Родины использовался следующий комплекс методик.

1. Авторская анкета, направленная на оценку мотивационного компонента (уровень осознания гражданского долга, ценностные ориентации).

2. Тест на знание основ обороны государства и военной службы (когнитивный компонент).

3. Методика «Незаконченные предложения» (Сакса – Сидни) для оценки эмоционально-волевого компонента.

4. Наблюдение и экспертная оценка участия школьников в военно-патриотических мероприятиях для анализа деятельностного компонента.

На констатирующем этапе был выявлен преимущественно средний и низкий уровни сформированности готовности в обеих группах.

На формирующем этапе в ЭГ была внедрена разработанная модель, включающая следующие блоки.

1. Целевой. Формирование целостной готовности к защите Родины.

2. Содержательно-деятельностный. Программа внеурочной деятельности «Защитник Отечества», реализуемая через клубную работу (военно-патриотический клуб «Патриот»), проектную деятельность («История моей семьи в истории Великой Отечественной войны»), встречи с ветеранами боевых действий, экскурсии в военные части, участие в игре «Зарница».

3. Организационно-методический. Принципы системности, интеграции, добровольности, практической направленности.

4. Оценочно-результативный. Критерии и уровни сформированности готовности. Обработка данных проводилась с использованием методов математической статистики (t-критерий Стьюдента) в программе *IBM SPSS Statistics* 23.

Сравнительный анализ результатов на контрольном этапе эксперимента показал положительную динамику в обеих группах, однако в ЭГ она была статистически значимой ($p < 0,05$).

Данные, представленные в табл. 1, наглядно демонстрируют, что в ЭГ количество учащихся с высоким уровнем готовности увеличилось в 2,5 раза, а с низким – сократилось в 3 раза. В КГ изменения были не столь значительными.

Наиболее существенный рост был зафиксирован в мотивационном и деятельностном компонентах.

Учащиеся ЭГ стали активнее участвовать в волонтерских акциях, посвященных Дню Победы, проявляли инициативу в организации поисковой работы, демонстрировали осознанное отношение к предстоящей военной службе.

Полученные результаты согласуются с исследованиями С.В. Анохиной [1], подчеркивающей роль социально значимой деятельности в патриотическом воспитании, и В.П. Лукьяненко [6], отмечающего эффективность комплексного подхода. В нашем исследовании таким комплексным подходом выступила разработанная модель, интегрирующая различные формы и

методы работы.

Проведенное исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о том, что формирование готовности к защите Родины у старшеклассников будет эффективным, если оно осуществляется в рамках целостной педагогической модели, реализуемой во внеурочной деятельности и опирающейся на выявленный комплекс условий (интеграция, социальное партнерство, личностно-деятельностный подход).

1. Теоретически обоснована и апробирована структурно-функциональная модель, обеспечивающая системный подход к формированию исследуемого качества.

2. Экспериментально доказана эффективность программы внеурочной деятельности «Защитник Отечества», основанной на принципах практической ориентированности и социального взаимодействия.

3. Подтверждена статистически значимая положительная динамика в уровнях сформированности готовности к защите Родины у учащихся экспериментальной группы.

Перспективы дальнейших исследований видятся в разработке цифровых ресурсов (виртуальные музеи, квесты) для поддержки военно-патриотической работы со старшеклассниками, а также в адаптации предложенной модели для учащихся среднего звена и системы профессионального образования.

Литература

1. Анохина, С.В. Военно-патриотическое воспитание старшеклассников: теория и практика : монография / С.В. Анохина. – М. : Академия Естествознания, 2019. – 210 с.

2. Буянов, Ю.В. Возможности внеурочной деятельности в военно-патриотическом воспитании старшеклассников / Ю.В. Буянов // Осовские педагогические чтения «Образование в современном мире: новое время – новые решения». – 2022. – № 1-2. – С. 142–146.

3. Караханова, Г.А. Теоретические подходы к организации патриотического воспитания учащихся в современных социокультурных условиях / Г.А. Караханова, Р.М. Дибиров // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – № 78-1. – С. 160–163.

4. Кузнецов, В.С. Основы безопасности жизнедеятельности: методика преподавания предмета. 5–11 классы : 2-е изд. / В.С. Кузнецов, Г.А. Колодницкий, М.И. Хабнер. – М. : ВАКО, 2021 – 175 с.

5. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – М. : Смысл, Academia, 2005. – 352 с.

6. Лукьяненко, В.П. Патриотическое воспитание в современной школе: проблемы и перспективы / В.П. Лукьяненко //Педагогика. – 2020. – № 5. – С. 45–52.

7. Матвеева, С.В. Воспитание патриотизма у старшеклассников в условиях целостного педагогического процесса в современной общеобразовательной школе : автореф. … канд. пед. наук / С.В. Матвеева. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный педагогический университет, 2006. – 22 с.

8. Миронова, Е.Н. Гражданственность и патриотизм в процессе формирования образа будущего у старшеклассников / Е.Н. Миронова, М.Н. Таможникова // Современное педагогическое образование. – 2021. – № 10. – С. 31–36.

9. Попова, О.А. Формирование представлений о патриотизме у современных старшеклассников на уроках истории России / О.А. Попова // Вестник социально-гуманитарного образования и науки. – 2024. – № 2. – С. 87–92.

10. Спицина, Т.А. Организация массовой работы учащихся с целью воспитания патриотизма / Т.А. Спицина, Д.Д. Столина // Молодой ученый. – 2017. – № 11-2(145). – С. 108–111.

11. Тихоновский, И.В. Патриотизм как цель воспитания старшеклассников / И.В. Тихоновский // Гуманитарное пространство. – 2020. – № 4. – С. 429–437.

12. Федотова, И.А. Формирование гражданской идентичности молодежи в условиях социокультурной трансформации : дис. … докт. пед. наук / И.А. Федотова. – СПб., 2018. – 458 с.

References

1. Anokhina, S.V. Voenno-patrioticheskoe vospitanie starsheklassnikov: teoriya i praktika :

monografiya / S.V. Anokhina. – M. : Akademiya Estestvoznaniya, 2019. – 210 s.

2. Buyanov, YU.V. Vozmozhnosti vneurochnoj deyatelnosti v voenno-patrioticheskom vospitanii starsheklassnikov / YU.V. Buyanov // Osovskie pedagogicheskie chteniya «Obrazovanie v sovremennom mire: novoe vremya – novye resheniya». – 2022. – № 1-2. – S. 142–146.

3. Karakhanova, G.A. Teoreticheskie podkhody k organizatsii patrioticheskogo vospitaniya uchashchikhsya v sovremennykh sotsiokulturnykh usloviyakh / G.A. Karakhanova, R.M. Dibirov // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2023. – № 78-1. – S. 160–163.

4. Kuznetsov, V.S. Osnovy bezopasnosti zhiznedeyatelnosti: metodika prepodavaniya predmeta. 5–11 klassy : 2-e izd. / V.S. Kuznetsov, G.A. Kolodnitskij, M.I. KHabner. – M. : VAKO, 2021 – 175 s.

5. Leontev, A.N. Deyatelnost. Soznanie. Lichnost / A.N. Leontev. – M. : Smysl, Academia, 2005. – 352 s.

6. Lukyanenko, V.P. Patrioticheskoe vospitanie v sovremennoj shkole: problemy i perspektivy / V.P. Lukyanenko //Pedagogika. – 2020. – № 5. – S. 45–52.

7. Matveeva, S.V. Vospitanie patriotizma u starsheklassnikov v usloviyakh tselostnogo pedagogicheskogo protsessa v sovremennoj obshcheobrazovatelnoj shkole : avtoref. … kand. ped. nauk / S.V. Matveeva. – Nizhnij Novgorod : Nizhegorodskij gosudarstvennij pedagogicheskij universitet, 2006. – 22 s.

8. Mironova, E.N. Grazhdanstvennost i patriotizm v protsesse formirovaniya obraza budushchego u starsheklassnikov / E.N. Mironova, M.N. Tamozhnikova // Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie. – 2021. – № 10. – S. 31–36.

9. Popova, O.A. Formirovanie predstavlenij o patriotizme u sovremennykh starsheklassnikov na urokakh istorii Rossii / O.A. Popova // Vestnik sotsialno-gumanitarnogo obrazovaniya i nauki. – 2024. – № 2. – S. 87–92.

10. Spitsina, T.A. Organizatsiya massovoj raboty uchashchikhsya s tselyu vospitaniya patriotizma / T.A. Spitsina, D.D. Stolina // Molodoj uchenij. – 2017. – № 11-2(145). – S. 108–111.

11. Tikhonovskij, I.V. Patriotizm kak tsel vospitaniya starsheklassnikov / I.V. Tikhonovskij // Gumanitarnoe prostranstvo. – 2020. – № 4. – S. 429–437.

12. Fedotova, I.A. Formirovanie grazhdanskoj identichnosti molodezhi v usloviyakh sotsiokulturnoj transformatsii : dis. … dokt. ped. nauk / I.A. Fedotova. – SPb., 2018. – 458 s.

© Ж.У. Абдукайимов, Е.П. Кудрин, Г.Н. Шергин, 2026

УДК 159.923

ОСОБЕННОСТИ САМООТНОШЕНИЯ ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ ПОЗИЦИИ В БУЛЛИНГЕ

Т.Г. БОБЧЕНКО

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Ключевые слова и фразы: буллинг; подростковый возраст; самоотношение.

Аннотация: Статья посвящена изучению самоотношения подростков, вовлеченных в буллинг и выполняющих в нем различные роли. Цель исследования: установить особенности самоотношения подростков, участвующих в буллинге. Гипотеза: существуют различия самоотношения подростков, выполняющих в буллинге роли «агрессора», «жертвы», «защитника жертвы», «наблюдателя». Методы: эмпирические (тестирование), обработки результатов (количественный и качественный анализ, математическая статистика). Результаты исследования: установлены различия и выделены характеристики самоотношения участников буллинга: «агрессоров», «жертв», «защитников жертв», «наблюдателей».

Актуальность представленного в статье исследования определена распространенностью буллинга в подростковой среде и необходимостью своевременного выявления его предпосылок и предупреждения. В подростковом возрасте происходит рост числа случаев буллинга и появление его новых форм: флейминга, харассмента, троллинга и др. Все участники буллинга имеют в перспективе риск появления трудностей в социальных контактах в своей семье, в рабочем коллективе, тревожных расстройств, депрессии, девиантного поведения. В связи с этим необходимо раннее выявление риска травли в группах учащихся и проведение специалистами образовательных учреждений профилактической работы.

Буллинг мы рассматриваем как форму взаимодействия в группе, при которой одни учащиеся регулярно, сознательно, стремясь нанести ущерб, применяют агрессию к другим учащимися, находящимся в уязвимом положении. Его характерные черты – осуществление агрессивных действий, их систематичность, длительность, направленность на лицо, которое физически и психологически слабее агрессора, наличие у обидчика мотива и цели.

В отечественных исследованиях буллинг в межличностных отношениях подростков изучен с разных сторон. А.И. Рык [11], И.А. Ярмыш [16] раскрыли сущность, отличительные признаки, виды, стадии его развития. Ряд исследований посвящен факторам буллинга: пол, возраст подростков, культурная среда (В.С. Собкин [13]), осведомленность педагогов и родителей о буллинге и отношение к нему (Л.А. Рассудова [10]), психологический климат в образовательном учреждении (Ц.А. Шамликашвили [15]), особенности и тип личности участников (А.Э. Абдрахманов [1], К.А. Воробьева [6]).

В последние годы внимание психологов к изучению самоотношения включенных в буллинг подростков возросло, но число таких работ ограничено. В.Е. Купченко [8], Н.Ю. Камракова [7], И.Н. Рюмина [12], Е.Б. Лактионова [9] выявили особенности самоотношения подростков с учетом их роли в буллинге, но их внимание сосредоточено преимущественно на особенностях самоотношения «агрессоров» и «жертв» буллинга. Интерес представляют исследования Т.М. Харламовой и М.К. Секериной отдаленных последствий буллинга – особенностей самоотношения испытуемых, которые были его участниками в школьные годы [14].

Зарубежными психологами изучено самоотношение в основном жертв буллинга: роль самоуверенности, самоуважения в переходе ролей

«жертва – агрессор», влияние буллинга на эти составляющие самоотношения. *E. Oktavianto* [18], *ZN. Yuhbaba* [21] установили, что жертвы травли имеют негативное самовосприятие, низкую уверенность в себе. Однако, согласно *R. Kundre* и др. [17], уровень уверенности в себе жертв травли может быть как низким, так и высоким, что зависит от уровня травли, их возможности выражать свои чувства, восприятия себя способным преодолеть проблемы. *JE. Restrepo* [19], *GK. Rosenbaum* [20], рассматривая переход ролей «жертва – агрессор», выявили, что уверенность и самоуважение выступают в нем посредниками.

В представленном исследовании была поставлена цель – выявить особенности самоотношения подростков (участников буллинга) с учетом их роли. Нами выдвинута гипотеза о различиях самоотношения подростков, выполняющих в буллинге роли «агрессор», «жертва», «защитник жертвы», «наблюдатель». Эмпирические данные получены посредством анкетирования («Наш класс» Е.Г. Норкиной, «Буллинг» Д. Олвеуса) и тестирования («Методика исследования самоотношения» С.Р. Пантелеева, В.В. Столина), а результаты исследования – посредством количественного и качественного анализа, методов математической статистики. Испытуемыми были 50 учащихся 7 класса (13–14 лет) одной из школ г. Владимир.

Первый этап эмпирического исследования состоял в определении наличия среди испытуемых ситуаций буллинга и их ролей в нем. Анализ данных методики «Буллинг» показал, что отрицают проявления буллинга 16 % учащихся, признают его эпизодические проявления 44 % учащихся, частые проявления – 32 % учащихся, регулярные проявления – 8 % учащихся. Анализируя данные методики «Наш класс», мы определили роли учащихся в ситуациях буллинга. Роль «инициатор» имеют 20 % учащихся, роль «жертва» – 12 % учащихся, «защитник жертвы» – 36 % учащихся, «наблюдатель» – 32 % учащихся.

Второй этап эмпирического исследования состоял в изучении самоотношения испытуемых с учетом их роли в буллинге. Анализируя данные «Методики исследования самоотношения», мы определили уровни сформированности компонентов самоотношения, а затем установили их различия с учетом ролей подростков в буллинге, используя *U*-критерий Манна – Уитни (табл. 1).

Достоверные различия, установленные для подростков с ролью «агрессор».

1. Показатели «Самоуверенности», «Отраженного самоотношения», «Самопринятия», «Самопривязанности» достоверно выше, чем у учащихся с ролями «жертва» ($p \leq 0,05$), «наблюдатель» ($p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$), «защитник жертвы» ($p \leq 0,05$). Подростки-«агрессоры» самоуверенны, довольны собой, не стремятся менять поведение. Они считают себя способными преодолевать любые препятствия.

2. Показатели «Внутренней конфликтности», «Самообвинения» достоверно ниже, чем у учащихся с ролью «жертва» ($p \leq 0,05$). В знакомом окружении они дают себе высокую оценку, но при возникновении реальных трудностей могут недооценивать себя. Обнаруживая причиненный другим ущерб, они могут начать выражать злость в адрес своих сверстников, что позволяет им сохранить самоуверенность.

3. Показатели «Открытости», «Саморуководства» достоверно выше, чем у учащихся с ролью «наблюдатель» ($p \leq 0,01$). В одних ситуациях они могут проявлять рефлексию и самокритичность, в других демонстрировать поверхностное видение себя.

Следовательно, подростки с ролью «агрессор» имеют особенности самоотношения, которые могут стать факторами проявления ими агрессии, инициации издевательств по отношению к сверстникам: высокую самоуверенность, довольство собой, представление о способности преодолевать любые препятствия, стремление контролировать окружение. Обнаруживая свои ошибки, они склонны отрицать их наличие, свою ответственность, проявлять злость по отношению к сверстникам.

Достоверные различия, установленные для подростков с ролью «жертва».

1. Показатели «Самоуверенности», «Самопривязанности» достоверно ниже, чем у подростков-«агрессоров» и «защитников жертвы» ($p \leq 0,01$ и $p \leq 0,05$). Они неуверенны в себе, сомневаются в достижении цели и возможности справиться с трудностями.

2. Показатель «Самопринятия» достоверно ниже, чем у подростков-«агрессоров» ($p \leq 0,01$). Они избирательно относятся к себе: за одни достоинства они себя хвалят, а другие не замечают.

3. Показатель «Самоценности» достоверно ниже, чем у подростков-«защитников жертвы» ($p \leq 0,05$). Они недооценивают себя, реа-

Таблица 1. Выраженность компонентов самоотношения подростков – участников буллинга (в стенах)

Компоненты самоотношения (методика «МИС»)	Роли в буллинге (методика «Наш класс»)				Достоверность различий		
	Инициатор	Наблюдатель	Защитник жертвы	Жертва	$n_1 = 5$ и $n_2 = 8$ Uкр = 4, $p \le 0{,}01$ и Uкр = 8, $p \le 0{,}05$; $n_1 = 5$ и $n_3 = 9$ Uкр = 5, $p \le 0{,}01$ и Uкр = 9, $p \le 0{,}05$; $n_1 = 5$ и $n_4 = 3$ Uкр = – , $p \le 0{,}01$ и Uкр = 1, $p \le 0{,}05$; $n_2 = 8$ и $n_3 = 9$ Uкр = 11, $p \le 0{,}01$ и Uкр = 18, $p \le 0{,}05$; $n_2 = 8$ и $n_4 = 3$ Uкр = 0, $p \le 0{,}01$ и Uкр = 3, $p \le 0{,}05$; $n_3 = 9$ и $n_4 = 3$ Uкр = 1, $p \le 0{,}01$ и Uкр = 4, $p \le 0{,}05$		
Открытость	6,0	4,8	5,6	5,0	**Uэмп 1.2=2,5** *U*эмп 1.3=12,5 *U*эмп 1.4=3	*U*эмп 2.3=22 *U*эмп 2.4=8	*U*эмп 3.4=12
Самоуверенность	7,4	4	6,1	2,3	**Uэмп 1.2=2,5** *U*эмп 1.3=14 **Uэмп 1.4=0**	*U*эмп 2.3=12,5 *U*эмп 2.4=4,5	*U*эмп 3.4=2
Саморуководство	8,2	6,5	7,4	8,7	**Uэмп 1.2=0** *U*эмп 1.3=13,5 *U*эмп 1.4=4	*U*эмп 2.3=25,5 **Uэмп 2.4=0**	*U*эмп 3.4=6
Отраженное самоотношение	6,4	4,9	5,9	2,7	**Uэмп 1.2=5,5** *U*эмп 1.3=15 **Uэмп 1.4=0**	*U*эмп 2.3=21 **Uэмп 2.4=2,5**	**Uэмп 3.4=0**
Самоценность	6,8	6,4	7,7	5,0	*U*эмп 1.2=17 *U*эмп 1.3=16,5 *U*эмп 1.4=4	*U*эмп 2.3=23 *U*эмп 2.4=3,5	**Uэмп 3.4=2**
Самопринятие	8,2	4,5	6,4	5,0	*U*эмп 1.2=4 *U*эмп 1.3=5,5 *U*эмп 1.4=0	**Uэмп 2.3=17** *U*эмп 2.4=9	*U*эмп 3.4=4,5
Самопривязанность	6,2	4,1	5,7	2,3	**Uэмп 1.2=6,5** *U*эмп 1.3=17,5 **Uэмп 1.4=0**	**Uэмп 2.3=16,5** *U*эмп 2.4=5	**Uэмп 3.4=0**
Внутренняя конфликтность	5,0	6,5	5,0	8,7	*U*эмп 1.2=8,5 *U*эмп 1.3=22,5 **Uэмп 1.4=0**	**Uэмп 2.3=10** **Uэмп 2.4=0,5**	**Uэмп 3.4=0**
Самообвинение	4,4	6,5	4,3	8,7	*U*эмп 1.2=12 *U*эмп 1.3=22 **Uэмп 1.4=0**	*U*эмп 2.3=12 *U*эмп 2.4=2	*U*эмп 3.4=0

гируют на замечания представлениями о своей малоценности.

4. Показатель «Отраженного самоотношения» достоверно ниже, а «Внутренней конфликтности» и «Самообвинения» достоверно выше, чем у подростков-«агрессоров», «защитников жертвы» и «наблюдателей» ($p \le 0{,}01$ и $p \le 0{,}05$). Они склонны находить у себя осуждаемые окружающими качества, замечать свои промахи, за которые винят себя же, не ждут одобрения.

Следовательно, подростки с ролью «жертва» имеют особенности самоотношения, определяющие их подверженность агрессии со стороны сверстников и невозможность защитить себя: представление о своей малоценности, неуверенность в себе, сосредоточение на неудачах, самообвинение. Они считают виновными в происходящем только себя, не ждут поддержки от окружающих.

Достоверные различия, установленные для подростков с ролью «защитник жертвы».

1. Показатели «Самоуверенности», «Самопривязанности» достоверно выше, а показатели «Внутренней конфликтности», «Самообвинения достоверно ниже, чем у учащихся-«жертв»

($p \leq 0{,}01$ и $p \leq 0{,}05$) и «наблюдателей» ($p \leq 0{,}05$). Они положительно оценивают себя, уверены в себе, ориентированы на успех, осознают качества, которые хотели бы изменить.

2. Показатели «Отраженного самоотношения», «Самоценности» у учащихся-«защитников жертвы» достоверно выше, чем у учащихся-«жертв» ($p \leq 0{,}01$ и $p \leq 0{,}05$ соответственно). Они ценят и уважают себя, понимают, что окружающие могут в одних ситуациях их поощрять, а в других – делать замечания. Уверенность в себе помогает им адекватно воспринимать несогласие и замечания других.

3. Показатель «Самопринятия» достоверно выше, чем у учащихся-«наблюдателей» ($p \leq 0{,}05$). Они симпатичны себе, видят свои достоинства и избирательно осознают недостатки.

Следовательно, подростки-«защитники жертвы» имеют особенности самоотношения, способствующие их вмешательству в ситуацию травли, противодействию ей: ценят себя, относятся к себе с симпатией, центрируют внимание на достоинствах, ориентированы на достижения.

Достоверные различия, установленные для подростков с ролью «наблюдатель».

1. Показатель «Открытости» достоверно ниже, чем у учащихся-«агрессоров» ($p \leq 0{,}01$). Им важны социальное одобрение, проявление конформности.

2. Показатели «Самоуверенности», «Самопринятия», «Самопривязанности» достоверно ниже, чем у учащихся-«агрессоов» ($p \leq 0{,}01$ и $p \leq 0{,}05$) и «защитников жертвы» ($p \leq 0{,}05$). В привычных ситуациях эти учащиеся сохраняют уверенность в себе, но при затруднениях склонны теряться, недооценивать себя. Они часто бывают неудовлетворены собой.

3. Показатель «Саморуководства» достоверно ниже, чем у подростков-«агрессоров» и «жертв» ($p \leq 0{,}01$). В привычных ситуациях они могут управлять собой и ситуацией, но в новых и трудных ситуациях ослабляют саморегуляцию, ориентируются на других людей и развитие событий.

4. Показатель «Отраженного самоотношения» достоверно ниже, чем у подростков-«агрессоров» ($p \leq 0{,}05$) и достоверно выше, чем у подростков-«жертв» ($p \leq 0{,}05$). Они считают, что люди положительно могут относиться только к некоторым их качествам и поступкам, а к другим испытывать неприязнь и раздражение.

5) Показатели «Внутренней конфликтности» и «Самообвинения» выше, чем у подростков-«защитников жертвы» ($p \leq 0{,}01$ и $p \leq 0{,}05$) и ниже, чем у подростков-«жертв» ($p \leq 0{,}05$). Отношение к себе у этих подростков зависит от адаптированности к ситуации. В знакомых, предсказуемых условиях они позитивно воспринимают себя, но при наличии трудностей, неудач начинают себя недооценивать.

Следовательно, подростки-«наблюдатели» буллинга обладают особенностями самоотношения, определяющими их невмешательство в травлю: ориентация на мнение и социальное одобрение сверстников, недооценка и растерянность в новых и напряженных ситуациях, ожидание помощи других.

Обобщая результаты исследования, мы сделали выводы относительно характеристик самоотношения подростков, занимающих в буллинге различные позиции.

Подростки с ролью «агрессор» имеют высокий уровень «Саморуководства» и «Самопринятия». Они самоуверенны, довольны собой, считают, что способны преодолевать любые препятствия, стремятся контролировать окружающих, могут замечать в себе осуждаемые качества, ошибки, но не признают их и не стремятся изменить. Отрицая свою вину, проявляют злость к другим людям.

Подростки с ролью «жертва» имеют низкий уровень «Самоуверенности», «Отраженного самоотношения», «Самопривязанности», высокий уровень «Внутренней конфликтности», «Самообвинения». Они неуверенны, направлены на поиск у себя недостатков, склонны к самообвинению, на замечания реагируют глобальной негативной оценкой своей личности, считают себя виновными в происходящем, не ждут поддержки от окружающих.

Подростки с ролью «защитник жертвы» имеют высокий уровень «Самоценности» и «Саморуководства». Они признают свою ценность, уверены в себе, сосредотачивают внимание на достоинствах, ориентированы на достижения, при неудачах сохраняют положительное отношение к себе.

Подростки с ролью «наблюдатель» в знакомых ситуациях уверены в себе и проявляют хорошие саморегуляционные умения, но часто недовольны собой. В новых и трудных ситуациях склонны теряться, недооценивать себя, полагаться на других людей. Им важно одобрение окружающих людей.

Выделенные особенности самоотношения

учащихся подросткового возраста будут определять их поведение в ситуациях травли в группе и занимаемую в отношениях со сверстниками позицию: инициация агрессии и буллинга («агрессор»), непротивостояние и подверженность нападкам («жертва»), сочувствие пострадавшему и защита («защитник жертвы»), наблюдение за происходящим и невмешательство («наблюдатель»).

Поэтому предупреждение буллинга в подростковых группах должно включать психологическую диагностику самоотношения учащихся, выявление проблем его формирования, своевременную работу педагога-психолога по развитию у учащихся адекватного позитивного самоотношения.

Литература

1. Абдрахманов, А.Э. Психологические особенности жертв буллинга подросткового возраста / А.Э. Абдрахманов, Р.Б. Абдрахманова, Ж.Т. Уталиева, Э.Ж. Жапаров // Psychology and Cognitive Sciences. – 2025. – № 4(153). – С. 85–97.

2. Бобровникова, Н.С. Учитель как субъект профилактики буллинга в современной образовательной среде / Н.С. Бобровникова // Мир науки. Педагогика и психология. – 2022. – Т. 10. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/uchitel-kak-subekt-profilaktiki-bullinga-v-sovremennoy-obrazovatelnoy-srede.

3. Бобченко, Т.Г. Восприятие студентами альтернативных форм брачно-семейных отношений / Т.Г. Бобченко, А.В. Нефедова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 5(140). – С. 264–267.

4. Бобченко, Т.Г. Особенности отношения к болезни пациентов с хронической почечной недостаточностью / Т.Г. Бобченко, В.В. Онуфриева // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2015. – № 6(69). – С. 7–10.

5. Бобченко, Т.Г. Коррекция образа тела подростков средствами проблемно-ориентированного тренинга / Т.Г. Бобченко // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2019. – № 2(113). – С. 103–106.

6. Воробьева, К.А. Психологические особенности подростков, занимающих позиции инициатора, защитника и жертвы в ситуации буллинга / К.А. Воробьева, У.М. Черкасова // Мир образования – образование в мире. – 2021. – № 2(82). – С. 109–115.

7. Камракова, Н.Ю. Исследование самоотношения подростков – жертв буллинга / Н.Ю. Камракова // Гуманитарные науки (г. Ялта). – 2020. – № 1(49). – С. 122–127.

8. Купченко, В.Е. Особенности самоотношения подростков-участников буллинга в образовательной среде / В.Е. Купченко, И.Н. Ляшенко // Психология обучения. – 2014. – № 7. – С. 79–86.

9. Лактионова, Е.Б. Самоотношение и антисоциальная креативность подростков, имеющих разные ролевые позиции в структуре буллинга / Е.Б. Лактионова // Научно-педагогическое обозрение. – 2025. – № 2(60). – С. 138–149.

10. Рассудова, Л.А. Роль родителей в профилактике буллинга как формы девиантного поведения подростков / Л.А. Рассудова // Евразийский союз ученых. Серия: Педагогические, психологические и философские науки. – 2023. – № 9(110). – С. 7–10.

11. Рык, А.И. Терминологическое поле феномена «буллинг» / А.И. Рык // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1: Педагогика. Психология. Филология. – 2015. – № 2(84). – С. 30–33.

12. Рюмина, И.М. Содержательные характеристики самоотношения подростков, переживающих буллинг в школе / И.М. Рюмина // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 71-3. – С. 366–369.

13. Собкин, В.С. Буллинг в стенах школы: влияние социокультурного контекста (по материалам кросскультурного исследования) / В.С. Собкин, М.М. Смыслова // Социальная психология и общество. – 2014. – Т. 5. – № 2. – С. 71–86.

14. Харламова, Т.М. Специфика самоотношения студентов с разным опытом школьного буллинга / Т.М. Харламова, М.К. Секерина // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. – 2023. – № 1(7). – С. 155–161.

15. Шамликашвили, Ц.А. Безопасность школьной среды – формирование буллинга /

Ц.А. Шамликашвили, С.В. Харитонов, М.А. Хазанова, Д.Н. Пчелинцева // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2019. – № 1(94). – С. 40–47.

16. Ярмыш, И.А. Буллинг как социально-психологический феномен / И.А. Ярмыш // Вестник Донецкого национального университета. Серия Д: Филология и психология. – 2025. – № 4. – С. 229–238.

17. Kundre, R. Hubungan Bullying Dengan Kepercayaan Diri Pada Remaja Di Smb Negeri 10 Manado / R. Kundre, S. Rompas // E-Journal Keperawatan. – 2018. – Vol. 6(1). – DOI: 10.35790/jkp.v6i1.25173.

18. Oktavianto, E. Kejadian Bullying dan Kepercayaan Diri Pada Remaja / E. Oktavianto, D.W. Melinda, E. Timiyatun // Surya Medika Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan dan Ilmu Kesehatan Masyarakat. – 2023. – Vol. 18(1). – P. 140–147.

19. Restrepo, J.E. The Mediating Role of Depression and Self-Esteem in the Transition from Victimization to Perpetration in Bullying and Cyberbullying Among Adolescents / J.E. Restrepo, A.S. Gómez-Tabares // Interpersona An International Journal on Personal Relationships. – 2025. – Vol. 19(2). – DOI: 10.5964/ij.624.

20. Rosenbaum, G.K. Abstract Bullying victimization in adolescence is a significant risk factor for developing reactive aggressive behavior / G.K. Rosenbaum // Biomedical Journal of Scientific & Technical ResearchApril. – 2022. – Vol. 43(2). – P. 34305–34318.

21. Yuhbaba, Z.N. The Relationship of Bullying Behavior and The Self-Confidence of Teenage Students at School / Z.N. Yuhbaba, M.E.A. Budiman, W.S.E. Suswati, I.M. Zulianti // Journal of Heals Science Review. – 2023. – Vol. 1(1). – P. 34–39.

References

1. Abdrakhmanov, A.E. Psikhologicheskie osobennosti zhertv bullinga podrostkovogo vozrasta / A.E. Abdrakhmanov, R.B. Abdrakhmanova, ZH.T. Utalieva, E.ZH. ZHaparov // Psychology and Cognitive Sciences. – 2025. – № 4(153). – S. 85–97.

2. Bobrovnikova, N.S. Uchitel kak subekt profilaktiki bullinga v sovremennoj obrazovatelnoj srede / N.S. Bobrovnikova // Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya. – 2022. – T. 10. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/uchitel-kak-subekt-profilaktiki-bullinga-v-sovremennoy-obrazovatelnoy-srede.

3. Bobchenko, T.G. Vospriyatie studentami alternativnykh form brachno-semejnykh otnoshenij / T.G. Bobchenko, A.V. Nefedova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 5(140). – S. 264–267.

4. Bobchenko, T.G. Osobennosti otnosheniya k bolezni patsientov s khronicheskoj pochechnoj nedostatochnostyu / T.G. Bobchenko, V.V. Onufrieva // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2015. – № 6(69). – S. 7–10.

5. Bobchenko, T.G. Korrektsiya obraza tela podrostkov sredstvami problemno-orientirovannogo treninga / T.G. Bobchenko // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2019. – № 2(113). – S. 103–106.

6. Vorobeva, K.A. Psikhologicheskie osobennosti podrostkov, zanimayushchikh pozitsii initsiatora, zashchitnika i zhertvy v situatsii bullinga / K.A. Vorobeva, U.M. CHerkasova // Mir obrazovaniya – obrazovanie v mire. – 2021. – № 2(82). – S. 109–115.

7. Kamrakova, N.YU. Issledovanie samootnosheniya podrostkov – zhertv bullinga / N.YU. Kamrakova // Gumanitarnye nauki (g. YAlta). – 2020. – № 1(49). – S. 122–127.

8. Kupchenko, V.E. Osobennosti samootnosheniya podrostkov-uchastnikov bullinga v obrazovatelnoj srede / V.E. Kupchenko, I.N. Lyashenko // Psikhologiya obucheniya. – 2014. – № 7. – S. 79–86.

9. Laktionova, E.B. Samootnoshenie i antisotsialnaya kreativnost podrostkov, imeyushchikh raznye rolevye pozitsii v strukture bullinga / E.B. Laktionova // Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie. – 2025. – № 2(60). – S. 138–149.

10. Rassudova, L.A. Rol roditelej v profilaktike bullinga kak formy deviantnogo povedeniya podrostkov / L.A. Rassudova // Evrazijskij soyuz uchenykh. Seriya: Pedagogicheskie, psikhologicheskie

i filosofskie nauki. – 2023. – № 9(110). – S. 7–10.

11. Ryk, A.I. Terminologicheskoe pole fenomena «bulling» / A.I. Ryk // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya 1: Pedagogika. Psikhologiya. Filologiya. – 2015. – № 2(84). – S. 30–33.

12. Ryumina, I.M. Soderzhatelnye kharakteristiki samootnosheniya podrostkov, perezhivayushchikh bulling v shkole / I.M. Ryumina // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2021. – № 71-3. – S. 366–369.

13. Sobkin, V.S. Bulling v stenakh shkoly: vliyanie sotsiokulturnogo konteksta (po materialam krosskulturnogo issledovaniya) / V.S. Sobkin, M.M. Smyslova // Sotsialnaya psikhologiya i obshchestvo. – 2014. – T. 5. – № 2. – S. 71–86.

14. KHarlamova, T.M. Spetsifika samootnosheniya studentov s raznym opytom shkolnogo bullinga / T.M. KHarlamova, M.K. Sekerina // Sotsialnye i gumanitarnye nauki: teoriya i praktika. – 2023. – № 1(7). – S. 155–161.

15. SHamlikashvili, TS.A. Bezopasnost shkolnoj sredy – formirovanie bullinga / TS.A. SHamlikashvili, S.V. KHaritonov, M.A. KHazanova, D.N. Pchelintseva // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2019. – № 1(94). – S. 40–47.

16. YArmysh, I.A. Bulling kak sotsialno-psikhologicheskij fenomen / I.A. YArmysh // Vestnik Donetskogo natsionalnogo universiteta. Seriya D: Filologiya i psikhologiya. – 2025. – № 4. – S. 229–238.

© Т.Г. Бобченко, 2026

УДК 159.922.8

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ЦЕННОСТНЫХ ОРИЕНТАЦИЙ У МЛАДШИХ И СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ

М.Е. ВАРЛАМОВА

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет имени И.Я. Яковлева», г. Чебоксары

Ключевые слова и фразы: ценностные ориентации; динамика; подростки.

Аннотация: В исследовании поставлена цель определения возрастной динамики структуры ценностных ориентаций младших и старших подростков. Исследовательскими задачами явились: во-первых, определение особенностей ценностных ориентаций у детей младшего и старшего подросткового возраста; во-вторых, определение динамики ценностных ориентаций на протяжении подросткового возраста. Гипотеза: мы полагаем, что структура ценностных ориентаций претерпевает качественные изменения в подростковом возрасте: от системы, ориентированной на безопасность и комфорт (младшие подростки), к системе с фокусом на самореализацию и личные достижения (старшие подростки). Методы исследования: анализ и обобщение научного материала по проблеме исследования; констатирующий эксперимент; количественный и качественный анализ результатов; экспериментальные методики («Ценностный опросник» Ш. Шварца, «Ценностные ориентации» М. Рокича; «Тест смысложизненных ориентаций» Д.А. Леонтьева). Проведенное исследование определило качественные изменения в структуре ценностно-смысловой сферы подростков в зависимости от возраста.

Система ценностей оказывает значительное влияние на формирование личности: задает жизненные приоритеты, выступает внутренним регулятором поведения. Подростковый возраст является сензитивным периодом для формирования ценностно-смысловой сферы личности. Изучение ценностных ориентаций позволяет понять механизмы становления мировоззрения современной молодежи в условиях быстро меняющегося общества. По мнению Д.А. Леонтьева, ценностные ориентации оказывают значительное влияние на процессы социализации и личностного развития [1]. Д.И. Фельдштейн обращал внимание, что изучение динамики ценностных ориентаций в этот период позволяет понять психологические закономерности перехода от детства к юности, связанного с кризисом идентичности и поиском личностных смыслов [2]. Л.К. Фортова, А.В. Молчанов обращают внимание, что с подростками важно проводить целенаправленную работу по развитию «социальной зрелости» и «нравственной защищенности», что возможно опосредованно через формирование ценностных ориентиров [4].

В настоящее время ценностная сфера чаще всего изучается в контексте концепции Ш. Шварца, которая описывает универсальные мотивационные категории [3]. Существующие работы фиксируют общую направленность возрастного развития – постепенное смещение от консервативных ценностей к ценностям открытости изменениям. При этом специфика перестройки ценностной иерархии при переходе от младшего к старшему подростковому возрасту остается недостаточно исследованной. Вышесказанное определило цель исследования, которая заключалась в определении возрастной динамики структуры ценностных ориентаций младших и старших подростков.

Для решения указанных задач применялся комплекс методов и методик: «Ценностный опросник» (**ЦО**) Ш. Шварца, «Ценностные ориентации» М. Рокича; «Тест смысложизненных ориентаций» (**СЖО**) Д.А. Леонтьева.

В исследовании принимало участие 110

подростков возраста 11–15 лет. Среди них: 22 подростка 11 лет, 24 подростка 12 лет, 14 подростков 13 лет, 24 подростка 14 лет и 16 подростков 15 лет.

В основу разделения подростков на младших и старших в нашей работе легла классификация Д.Б. Эльконина, который устанавливает период подростничества с 11 до 15 лет, из которых возраст 11–13 лет относится к младшим подросткам, 14–15 к старшим.

Поэтому нами было составлено 2 группы испытуемых – младшие подростки (60 учащихся) и старшие подростки (40 учащихся).

По «Ценностному опроснику» Ш. Шварца для каждой группы испытуемых на уровне нормативных идеалов и на уровне индивидуальных приоритетов был подсчитан средний балл для каждого из 10 типов ценностей.

Анализ данных средних показателей значимости типов ценностей на уровне убеждений выявил возрастную специфику в иерархии ценностей подростков. Общей для обеих групп опрошенных является высокая значимость базовых ориентиров безопасности и доброты (заботы о благополучии близких), что указывает на универсальную потребность в стабильности и значимых близких социальных связях.

Одинаково низким приоритетом для обеих групп подростков являются ценности власти и стимуляции (поиск новизны и острых ощущений). Это может указывать на доминирование на данном возрастном этапе мотивов принадлежности и принятия, а стремление к доминированию и экстремальному опыту не является ведущей поведенческой доминантой.

Вместе с тем выявлены и различия в исследуемых группах подростков. Так, например, у младших подростков среди наиболее значимых ценностей находится комфорт, что указывает на нацеленность на создание защищенной и предсказуемой среды. У старших подростков на ведущие позиции выходят личные достижения, что коррелирует с растущей потребностью в самореализации и доказательстве своей компетентности.

Различия межу исследуемыми группами присутствуют и в отвергаемых ими ценностях. Младшие подростки характеризуются низким интересом к гедонизму (погоне за удовольствиями). Для старших же подростков наименее значимы традиции, что иллюстрирует закономерный для данного возраста процесс критического пересмотра устоявшихся норм, стремление к независимости и выстраиванию собственной позиции.

Итак, полученные эмпирические данные отражают логику изменений ценностных ориентаций от младшего к старшему подростковому возрасту: от ориентации на внешнюю безопасность и комфорт у младших подростков к ценностям, сочетающим в себе заботу о близких с ценностями личных достижений и независимости от традиционных рамок у старших.

Данные, полученные при анализе средних показателей по значимости различных типов ценностей на уровне индивидуальных приоритетов, указывают, что в обеих группах респондентов наивысший ранг отдается ценностям «Универсализм» (понимание, терпимость), «Доброта» (забота, взаимопомощь), «Самостоятельность». Низкие ранги в обеих группах занимают ценности «Власть» и «Традиции», что указывает на их общее неприятие подчинения и слепого следования нормам.

Различия между двумя группами испытуемых заключаются в отношении ценностей «Открытости изменениям» и «Сохранения». Так, у младших подростков относительно высокая значимость (2,36) отдается «Безопасности», а «Гедонизм» (1,98) располагается на среднем уровне. В группе старших подростков наблюдается кардинально противоположная картина: значимость «Безопасности» снижается (2,21), а «Гедонизм» (2,61) выходит на одно из ведущих позиций среди системы ценностей. Данная тенденция вместе со стабильно высокой значимостью «Стимуляции», скорее всего, указывает на усиление ориентации на новизну, интенсивные переживания и удовольствие в противовес осторожности и стабильности.

Выявленные высокие средние баллы «Универсализма» у младших подростков (2,62) существенно снижаются у старших (1,91), что может свидетельствовать о росте прагматизма и ориентации на более близком круге забот. Вместе с этим средний показатель «Доброты» у старших подростков (2,29) ниже, чем у младших (2,61), что может свидетельствовать о бóльшей избирательности в просоциальном поведении.

Среди ценностей «Самоутверждения» получены результаты, явствующие также о различиях между исследуемыми группами. Так, «Достижения» среднезначимы, а «Власть», оставаясь на последнем месте, показывает самый большой относительный рост (с 0,90 у

младших до 1,37 у старших). Это может свидетельствовать о возрастающей важности социального статуса. Процесс сепарации от взрослых, критического восприятия и переосмысления принятых норм подтверждает резкое падение значимости «Традиций» (с 1,58 до 0,98). Таким образом, структура ценностных ориентаций старших подростков, по сравнению с младшими, характеризуется изменением приоритетов с комфорта широкого круга (Универсализм) на личное удовольствие и яркий самостоятельный опыт (Гедонизм, Стимуляция); снижением значимости традиционных ориентаций и стабильности (Безопасность, Традиции) в сочетании с большей открытостью изменениям; повышением стремления к социальному признанию и влиянию (Власть).

Результаты исследования ценностных ориентаций подростков с помощью методики «Ценностные ориентации» М. Рокича показали как общие для обеих групп, так и возрастные различия. Так, общими для младших и старших подростков ведущими ценностями являются материальное благополучие и стремление к удовольствиям. Наименее значимыми для обеих групп оказались ценности внутреннего и духовного развития: жизненная мудрость, здоровье, а также красота природы и искусства, что указывает на преобладание внешних, социальных и гедонистических ориентиров в данном возрасте.

Ключевые различия между группами проявляются в специфике их социальных и личностных устремлений: у старших подростков к ядру ценностей добавляются свобода и интересная работа. Они проявляют стремление к самостоятельности и независимости от контроля, а их поиск удовольствий тесно связан с самореализацией через творческую, энергичную деятельность и эксперименты; у младших подростков на первый план, помимо удовольствий, выходят ценности наличия хороших друзей и общественного признания.

Таким образом, если ценностный профиль младших подростков сфокусирован на социальном принятии и гедонизме в круге общения, то у старших происходит смещение акцента в сторону личностной автономии, прагматизма и самореализации через деятельность.

Полученные данные в отношении инструментальных ценностей показали, что обе группы испытуемых имеют общие высоко значимые ценности «Независимости» и «Смелости» в отстаивании своего мнения.

В то же время имеются и различия между двумя группами респондентов, которые проявляются в том, что для старших подростков ключевой ценностью является твердая воля, а для младших подростков – жизнерадостность и образованность. Старшие подростки приоритетной отмечают автономию и решительность, они обладают выраженной настойчивостью и силой воли, позволяющей преодолевать препятствия и упорно двигаться к целям.

В младшем подростковом возрасте дети тоже стремятся к независимости и смелости, вместе с тем в их профиль включается позитивное мировосприятие и познавательная активность.

Ценностями, имеющими низкие ранги, оказались следующие. Для старших подростков – непримиримость к недостаткам, самоконтроль и чуткость. Для младших подростков – самоконтроль, широта взглядов, терпимость и рационализм. Итак, видно, что обе группы менее ориентированы на строгую самодисциплину и регулирование эмоций.

Обобщая данные методики можно сделать вывод, что у подростков преобладает внешняя, социально ориентированная и гедонистическая система приоритетов при относительной слабости ценностей внутреннего и духовного развития.

Итак, с возрастом происходит переход от ценностного ядра, сфокусированного на адаптации и удовольствиях в группе сверстников, к системе приоритетов, направленной на индивидуализацию, построение личной автономии и практическое проектирование собственного будущего. При этом обе группы демонстрируют низкий интерес к самоконтролю и глубокой рефлексии.

По «Тесту смысложизненных ориентаций» Д.А. Леонтьева баллы по каждой шкале были суммированы и вычислен средний показатель каждой субшкалы для каждой группы подростков. Анализ полученных данных показывает, что у старших подростков общий показатель «Осмысленности жизни» заметно выше, чем у младших. Это говорит о том, что с возрастом у подростков формируется более целостная система взглядов на свое будущее и место в мире, а жизнь наполняется более глубоким смыслом.

По шкале «Цели в жизни» показатели у обеих групп достаточно близки. Это означает, что и младшие, и старшие подростки имеют

определенные жизненные планы и устремления. Небольшое преимущество старших может указывать на большую конкретизацию и реалистичность этих целей.

У обеих групп уровень интереса и эмоциональной насыщенности жизни также сопоставим (шкала «Процесс жизни»). Подростки обеих групп воспринимают свою жизнь как интересную и эмоционально наполненную, при этом старшие подростки чуть выше оценивают «вкус» и осмысленность самого процесса проживания каждого дня. Наиболее выраженные различия между группами наблюдаются в результатах по шкалам «Результативность жизни» и «Локус контроля», что является важным индикатором взросления.

У старших подростков показатель «Результативность жизни» существенно выше. Они чувствуют большую удовлетворенность самореализацией и оценивают пройденный этап пути как более продуктивный, чем младшие школьники.

Заметный рост показателей «Локус контроля – Я» (Я – хозяин жизни) у старших подростков указывает на осознание ими своей способности самостоятельно принимать решения, строить свою судьбу и контролировать события собственной жизни.

Старшие подростки значительно выше оценивают возможность влиять на свою жизнь в целом (шкала «Локус контроля – жизнь» Управляемость жизнью). Вера в то, что жизнь поддается контролю и планированию, у них выражена сильнее, чем у младших.

Итак, сравнение показывает «качественный скачок» в сторону субъектности. В то время как младшие подростки живут скорее настоящим моментом и имеют эмоционально-позитивное отношение к жизни (цели и процесс), старшие подростки приходят к более высокому уровню взрослости: они не только более продуктивны в своих делах, но и обретают веру в то, что именно они являются главными архитекторами своей жизни.

Проведенное исследование выявляет качественные изменения в структуре ценностно-смысловой сферы подростков в зависимости от возраста, отражая переход от ценностей, связанных с принятием в ближайшем окружении, к ценностям личностной ответственности, самоопределения и проектирования собственного жизненного пути.

Литература

1. Леонтьев, Д.А. От социальных ценностей к личностным: социогенез и феноменология ценностной регуляции деятельности / Д.А. Леонтьев // Вестник московского университета. Серия 14: Психология. – 1997. – № 1. – С. 20–28.

2. Фельдштейн, Д.И. Психологические особенности развития личности в подростковом возрасте / Д.И. Фельдштейн // Вопросы психологии. – 1988. – № 6. – С. 31–41.

3. Карандашев, В.Н. Методика Шварца для изучения ценностей личности: концепция и методическое руководство / В.Н. Карандашев. – СПб. : Речь, 2004. – 70 с.

4. Фортова, Л.К. Виртуальная аутодеструкция подростков в цифровой среде / Л.К. Фортова, А.В. Молчанов // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2026. – № 2-1(179). – С. 24–28.

5. Варламова, М.Е. Психолого-педагогические условия развития слуховой памяти у детей 5–6 лет с нарушениями зрения / М.Е. Варламова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 4(163). – С. 141–143.

References

1. Leontev, D.A. Ot sotsialnykh tsennostej k lichnostnym: sotsiogenez i fenomenologiya tsennostnoj regulyatsii deyatelnosti / D.A. Leontev // Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya. – 1997. – № 1. – S. 20–28.

2. Feldshtejn, D.I. Psikhologicheskie osobennosti razvitiya lichnosti v podrostkovom vozraste / D.I. Feldshtejn // Voprosy psikhologii. – 1988. – № 6. – S. 31–41.

3. Karandashev, V.N. Metodika SHvartsa dlya izucheniya tsennostej lichnosti: kontseptsiya i metodicheskoe rukovodstvo / V.N. Karandashev. – SPb. : Rech, 2004. – 70 s.

4. Fortova, L.K. Virtualnaya autodestruktsiya podrostkov v tsifrovoj srede / L.K. Fortova,

A.V. Molchanov // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2026. – № 2-1(179). – S. 24–28.

5. Varlamova, M.E. Psikhologo-pedagogicheskie usloviya razvitiya slukhovoj pamyati u detej 5–6 let s narusheniyami zreniya / M.E. Varlamova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 4(163). – S. 141–143.

© М.Е. Варламова, 2026

УДК 159.942:316.6

ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА КАК СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫЙ АСПЕКТ ЖИЗНИ ИНДИВИДА

А.А. ВЕСЕЛОВ, М.Д. ОВЧИННИКОВА

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

Ключевые слова и фразы: эмоциональная культура; эмоциональный интеллект; общество; интеграция индивида; коммуникация.

Аннотация: Цель исследования: выявление роли эмоциональной культуры в процессе социальной интеграции и профессионального становления современного индивида. Задачи: проанализировать основные теоретические подходы к определению эмоциональной культуры; выделить структурные элементы данного феномена; определить факторы, влияющие на вариативность эмоциональной культуры у разных индивидов. Гипотеза исследования: предполагается, что эмоциональная культура является динамической системой, формирование которой детерминировано синтезом семейного воспитания, личного жизненного опыта и актуальных социокультурных трансформаций. Методы: в работе использовались методы теоретического анализа научной литературы, синтеза междисциплинарных подходов (психологического, социологического, историко-культурного), а также метод контент-анализа дефиниций. Результаты: на основе анализа работ П.М. Якобсона и современных исследователей уточнено понятие эмоциональной культуры как системного элемента личностного становления. Обосновано, что различия в эмоциональной культуре обусловлены уникальностью микросоциальной среды и ранним детским опытом. Сформулирована авторская дефиниция термина, объединяющая когнитивный и регулятивный аспекты.

Наиболее раннее определение эмоциональной культуры дал П.М. Якобсон: «Культура – это комплекс явлений, представляющих собой в значимой мере развитие и совершенствование тех качеств эмоциональной жизни, которые в ограниченном виде проявились на более ранней возрастной ступени» [4, с. 64]. В соответствии с его определением можно выделить следующие основополагающие элементы эмоциональной культуры:

- умение бесконфликтного восприятия условий окружающих ситуаций;
- стремление к взаимному уважению и принятие эмоциональных аспектов других индивидов;
- эмпатичность к чувственным проявлениям индивидов, включая героев произведений культуры;
- стремление к передаче накопленного и проанализированного эмоционального опыта.

Эмоциональная культура одного индивида может отличаться от эмоциональной культуры другого индивида по ряду причин, которые включают взаимодействие личных черт, социальных контекстов и культурных норм. Отличия могут возникать из-за вариативности в воспитании и семейных структурах, где каждый ребенок получает уникальные уроки эмоционального выражения и контроля. Эти ранние детские опыты формируют базовую основу для будущих эмоциональных реакций и поведения [5].

Жизненный опыт и окружение, в котором находится индивид, играют значимую роль. Личностные переживания, включая стрессовые или травматические события, могут формировать или трансформировать способы эмоционального реагирования и выражения. Социальные связи и отношения, включая дружеские и профессиональные круги, также влияют на развитие и модификацию эмоциональной культуры, предоставляя различные модели и обратную связь, усиливающую или изменяющую су-

ществующие эмоциональные паттерны.

При проведении анализа разнообразных подходов к определению термина «эмоциональная культура» было предложено следующее определение, которое охватывает сразу несколько точек зрения: эмоциональную культуру следует рассматривать в качестве системного и динамичного элемента, воздействующего и оказывающего прямое влияние на личностное становление индивида. Она включает в себя целостную структуру приобретенной информации о формировании психоэмоциональной составляющей индивидов различных возрастов, а также о полученных в ходе эмпирического познания навыках, способах определения эмоций и стратегий их управления, направленных на адекватное реагирование.

В то же время эмоциональная культура представляет собой обособленную область человеческой деятельности, созданную в условиях накопленных и апробированных культурных, социальных и общественных норм, регулирующих эмоциональные коммуникативные процессы между индивидами. Подобные установленные нормы оказывают непосредственное воздействие на становление эмоциональной культуры как молодого поколения, так и на дальнейшее ее развитие у старших индивидов. Качественные показатели эмоциональной культуры могут быть достигнуты при помощи приобретения регулярного и систематичного опыта по реализации поведенческого, этического, культурного, социального и иных.

Без всякого сомнения, в настоящее время особое внимание требует эмоциональная саморегуляция индивида, которая характеризуется в качестве одного из наиболее значимых элементов развития личности индивида. Она отражает уровень эффективности осуществления каждым отдельным индивидом собственных функций в окружающем его обществе. В случае полного отсутствия контроля над проявляющимися эмоциями или его частичного недостатка возможны осложнения в коммуникативных процессах как с другими индивидами, так и с остальной окружающей средой. Другими словами, формирование качественной и эффективной регуляции эмоциональных процессов положительно сказывается на развитии эмоциональной культуры.

Взаимосвязь эмоциональной культуры и эмоционального интеллекта является многогранной и динамичной, открывая множество путей для понимания человеческого поведения и взаимодействия. Эмоциональная культура определяет принятые в обществе или группе нормы и правила относительно выражения и управления эмоциями. Эти нормы служат ориентирами для индивидов, подсказывая, какие эмоциональные реакции уместны в различных контекстах. Таким образом, эмоциональная культура оказывает непосредственное влияние на развитие эмоционального интеллекта.

Итак, взаимосвязь между эмоциональной культурой и эмоциональным интеллектом является взаимным процессом, где одно воздействует и дополняет другое. Эмоциональная культура создает контекст для развития эмоционального интеллекта, в то время как развитый эмоциональный интеллект позволяет более точно воспринимать, интерпретировать и адаптироваться к эмоциональным ожиданиям социума [2].

Как отмечают З.И. Гадаборшева и Р.Х. Гайрабеков: «Процесс управления эмоциональной сферой стоит понимать как умение, которое позволяет среди широкого спектра возможных в конкретный момент эмоциональных реакций выбирать такую, которая поможет эффективно работать и выстраивать коммуникативный процесс в рамках всего социального процесса» [1, с. 344].

По мнению О.А. Сергеевой, эмоциональная культура представлена «уникальными, систематизированными знаниями об эмоциональном развитии, навыками, способами анализа и управления эмоциями, направленными на адекватность реакций, способствующими вербализации человеческих эмоций и обеспечивающими эмоциональную открытость «я», эмоциональную эмпатию и эмоциональную поддержку других» [3].

Формирование качественной эмоциональной культуры современного человека обусловлено множеством факторов, которые взаимодействуют и взаимно обуславливают друг друга. Одним из центральных факторов является образовательная система, которая не только передает знания и навыки, но и формирует эмоциональные компетенции.

Включение эмоционального воспитания в учебные программы способствует развитию способности распознавать и управлять своими эмоциями, а также понимать эмоции окружающих.

Нельзя отрицать тот факт, что высокий уровень эмоционального интеллекта может способ-

ствовать более глубокому пониманию и оценке основ эмоциональной культуры. Люди с высоким уровнем эмоционального интеллекта способны лучше интерпретировать культурные нюансы и эффективно отвечать на эмоциональные ожидания группы. Они также могут вносить вклад в трансформацию эмоциональной культуры, вводя новые подходы и модели поведения, которые способствуют более гармоничным и продуктивным межличностным взаимодействиям. Эмоциональный интеллект включает в себя способность осознавать свои и чужие эмоции, использовать эмоциональную информацию для руководства мыслью и поведением, а также умение управлять эмоциями для достижения целей. Включив эти способности, индивид может более эффективно взаимодействовать с окружающими в рамках существующей эмоциональной культуры. По мере того как человек учится понимать и адаптировать свое поведение в соответствии с культурными нормами, его эмоциональный интеллект развивается и совершенствуется.

Формирование эмоциональной культуры тесно связано с различными аспектами человеческой психики и окружающих сфер деятельности современного общества, которые воздействуют на индивидуальное осознание и выражение эмоций. Подобный механизм в первую очередь задействует синергичность когнитивных и эмоциональных аспектов, которые формируются под непосредственным влиянием социальных и культурных норм и традиций, что также сказывается при выборе конкретного способа или целой методики выражения эмоций или восприятия их от других индивидов.

В условиях качественного развития эмоциональной культуры у молодого поколения необходимо обратить внимание на формирование эмпатичности и сочувствия. Комплекс этих двух чувств благоприятно сказывается на выстраивании коммуникативных процессов между индивидами при помощи принятия отличающихся друг от друга эмоций и создания более глубокого понимания «чужой» культуры.

Без всякого сомнения, на формирование эмоциональной культуры современного индивида влияет такой фактор как психологическое здоровье. Прежде всего оно включает в себя эмоциональную грамотность, которая представляет собой совокупность методов управления, выражения и восприятия окружающих эмоций. Ее становление определяется в условиях регулярного осуществления межличностной коммуникации, а также саморефлексии.

Наконец, культурные контексты и обусловленные ими традиции также играют значимую роль. В каждой культуре существуют свои особенности восприятия и выражения эмоций, что формирует уникальные аспекты эмоциональной культуры в различных обществах.

Подводя итог всему ранее упомянутому, можно заключить, что формирование качественной эмоциональной культуры современного человека является результатом сложного взаимодействия образовательных, семейных, социальных, личных и корпоративных факторов, которые в совокупности обеспечивают развитие эмоциональной компетентности и зрелости.

Этот многоуровневый процесс требует активного участия всех заинтересованных сторон и постоянного внимания к динамике изменений в обществе.

Литература

1. Гадаборшева, З.И. Эмоциональная культура подрастающего поколения в контексте цифровизации социального пространства / З.И. Гадаборшева, Р.Х. Гайрабеков // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 3(106). – С. 343–345.

2. Зауторова, Э.В. Методологические подходы к формированию эмоциональной культуры личности / Э.В. Зауторова, И.Н. Розова // Вестник института: преступление, наказание, исправление. – 2014. – № 1(25). – С. 43–46.

3. Сергеева, О.А. Особенности воспитания эмоциональной культуры школьников / О.А. Сергеева // Гуманизация образования. – 2009. – № 3. – С. 58–62.

4. Якобсон, П.М. Чувства, их развитие и воспитание / П.М. Якобсон. – М. : Знание, 1976. – С. 64–68.

5. Stets, J.E. Handbook of the Sociology of Emotions. Vol. II. / J.E. Stets, J.H. Turner (eds.) – N.Y. : Springer, 2014. – 579 p.

References

1. Gadaborsheva, Z.I. Emotsionalnaya kultura podrastayushchego pokoleniya v kontekste tsifrovizatsii sotsialnogo prostranstva / Z.I. Gadaborsheva, R.KH. Gajrabekov // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2024. – № 3(106). – S. 343–345.

2. Zautorova, E.V. Metodologicheskie podkhody k formirovaniyu emotsionalnoj kultury lichnosti / E.V. Zautorova, I.N. Rozova // Vestnik instituta: prestuplenie, nakazanie, ispravlenie. – 2014. – № 1(25). – S. 43–46.

3. Sergeeva, O.A. Osobennosti vospitaniya emotsionalnoj kultury shkolnikov / O.A. Sergeeva // Gumanizatsiya obrazovaniya. – 2009. – № 3. – S. 58–62.

4. YAkobson, P.M. CHuvstva, ikh razvitie i vospitanie / P.M. YAkobson. – M. : Znanie, 1976. – S. 64–68.

© А.А. Веселов, М.Д. Овчинникова, 2026

УДК 378.147

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА: ПОТЕНЦИАЛ, ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

М.Э. ГЕРМОГЕНОВ, О.Е. ВИНОКУРОВА

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

Ключевые слова и фразы: современные технологии; педагогический процесс; цифровизация образования; дистанционное обучение; интерактивные методы; индивидуализация обучения; подготовка преподавателей.

Аннотация: В статье представлены результаты теоретического анализа роли современных технологий в трансформации педагогического процесса. Цель исследования – систематизация современных подходов к использованию технологий, выявление их преимуществ и проблемных зон. Задачи: уточнить классификацию современных образовательных технологий; выявить ключевые преимущества и вызовы их внедрения; проанализировать опыт цифровизации на примере СВФУ; определить перспективные направления развития. Гипотеза: системная интеграция технологий способствует индивидуализации и вовлеченности, но ее эффективность ограничена кадровыми, инфраструктурными и методическими барьерами. Методы: теоретический анализ литературы, классификация, обобщение опыта. Результаты: уточнена классификация (информационные, коммуникационные, дистанционные, интерактивные и иммерсивные технологии); систематизированы преимущества и вызовы; на примере СВФУ показаны успешные практики и сохраняющиеся проблемы; определены перспективы (ИИ, экосистемный подход, непрерывное педагогическое образование). Статья адресована преподавателям, исследователям и студентам.

Введение

Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием цифровых технологий и их активным проникновением в образование. Современный этап характеризуется переходом от традиционной модели к гибридным и цифровым форматам, что требует переосмысления роли преподавателя и методов взаимодействия [4]. Цель работы – систематизировать современные подходы к использованию технологий в педагогическом процессе, выявить ключевые преимущества и проблемные зоны, предложить направления совершенствования образовательной практики.

Понятие и классификация современных технологий в образовании

Современные технологии в педагогическом процессе – это совокупность инструментов, методов и средств, обеспечивающих организацию и улучшение образовательной деятельности на основе цифровых решений. Как отмечают Д.Р. Гаррисон и Т. Андерсон, технологии перестают быть вспомогательным средством, становясь неотъемлемым компонентом педагогической системы [1].

Классификация с учетом функциональных возможностей

Информационные технологии. Включают средства обработки, хранения и передачи информации: облачные сервисы (*Google Workspace*, *Microsoft* 365), системы управления обучением (*LMS*), электронные библиотеки. Позволяют автоматизировать рутинные процессы.

Коммуникационные технологии. Обеспечивают синхронное и асинхронное взаимодействие: корпоративные мессенджеры (*Discord*, *Telegram*), платформы для совместной работы (*Miro*, *Trello*), видеоконференцсвязь. Способствуют формированию коммуникативной ком-

петентности.

Технологии дистанционного обучения. Включают массовые открытые онлайн-курсы (*MOOCs*), смешанное обучение (*blended learning*), «перевернутый класс».

Г. Сименс подчеркивает, что дистанционное обучение делает образовательное взаимодействие сетевым и распределенным [2].

Интерактивные и иммерсивные технологии. Геймификация, симуляции, виртуальная (***VR***) и дополненная реальность (***AR***) создают эффект погружения.

А.В. Бейтс и Г. Пул отмечают, что интерактивные технологии способствуют более глубокому усвоению материала [3].

Преимущества современных технологий в образовании

Индивидуализация обучения. Цифровые платформы учитывают темп усвоения материала и когнитивные особенности студентов. Адаптивные системы (*Smart Sparrow*, *Coursera*) корректируют сложность заданий. По мнению А.Ю. Уварова, индивидуализация – ключевое преимущество цифровой трансформации [4].

Повышение вовлеченности и мотивации. Геймификация и мгновенная обратная связь формируют устойчивый интерес. Исследования показывают рост завершаемости курсов на 20–30 % [5].

Развитие цифровой компетентности. Интеграция технологий способствует формированию навыков XXI в.: критического мышления, информационной грамотности, работы в распределенных командах [6].

Проблемы и вызовы внедрения технологий

Кадровая готовность преподавателей. Недостаточный уровень владения цифровыми инструментами – ключевой барьер. Эффективное использование требует пересмотра методик и системной поддержки [5].

Инфраструктурные ограничения. Низкая скорость интернета, недостаточное оснащение аудиторий приводят к цифровому неравенству [4].

Психологические и этические аспекты. Цифровая тревожность, информационная перегрузка, снижение навыков живого общения, а также проблемы защиты персональных данных и этичного использования ИИ [6].

Отсутствие единых стандартов. Хаотичное внедрение технологий без стратегии и оценки эффективности. Недостаток научно обоснованных методических рекомендаций [3].

Опыт внедрения технологий в образовательный процесс вуза (на примере СВФУ)

Северо-Восточный федеральный университет активно развивает цифровую образовательную среду. Функционирует электронная информационно-образовательная среда на базе *Moodle*, реализуются программы ДПО для преподавателей по использованию цифровых инструментов. В период пандемии университет успешно перешел на дистанционный формат, что ускорило внедрение видеоконференций и онлайн-курсов.

Однако сохраняются проблемы неравномерной цифровой готовности подразделений, недостаточного использования интерактивных методов и низкой вовлеченности части студентов в онлайн-форматы [5]. Перспективно развитие гибридного обучения, сочетающего очное взаимодействие с гибкостью цифровых технологий [6].

Перспективы развития современных технологий в педагогическом процессе

Дальнейшее развитие будет определяться следующими тенденциями.

Интеграция искусственного интеллекта – автоматизация проверки заданий, аналитика успеваемости, интеллектуальные помощники студента [4].

Экосистемный подход – объединение цифровых сервисов в единую среду с бесшовным доступом к ресурсам [1]. Непрерывное педагогическое образование – системная поддержка цифровой компетентности преподавателей на постоянной основе [5].

Заключение

Современные технологии открывают новые возможности для повышения качества, доступности и индивидуализации образования. Они трансформируют педагогический процесс, требуя от участников новых компетенций. Успешная цифровая трансформация невозможна без комплексного подхода, включающего развитие

инфраструктуры, подготовку кадров, методическое сопровождение и учет человеческого фактора. Образовательные организации должны выступать не пассивными потребителями цифровых продуктов, а активными участниками их адаптации. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку моделей оценки эффективности цифровых технологий и изучение их влияния на академические результаты и психоэмоциональное состояние студентов.

Литература

1. Гаррисон, Д.Р. Электронное обучение в 21 веке: основа для исследований и практики / Д.Р. Гаррисон, Т. Андерсон. – М. : Наука, 2003. – 312 с.
2. Сименс, Г. Коннективизм: теория обучения в цифровую эпоху / Г. Сименс // Образовательные технологии. – 2005. – № 3. – С. 45–52.
3. Бейтс, А.В. Эффективное преподавание с использованием технологий в высшем образовании / А.В. Бейтс, Г. Пул. – СПб. : Питер, 2003. – 288 с.
4. Уваров, А.Ю. Цифровая трансформация образования: вызовы и перспективы / А.Ю. Уваров // Вопросы образования. – 2020. – № 2. – С. 8–29.
5. Винокурова, О.Е. Цифровые компетенции преподавателя в условиях смешанного обучения / О.Е. Винокурова, М.Э. Гермогенов // Педагогика и современность. – 2023. – № 4. – С. 56–63.
6. Чошанов, М.А. Гибридное обучение: дидактический потенциал и ограничения / М.А. Чошанов // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 5. – С. 34–41.

References

1. Garrison, D.R. Elektronnoe obuchenie v 21 veke: osnova dlya issledovanij i praktiki / D.R. Garrison, T. Anderson. – M. : Nauka, 2003. – 312 s.
2. Simens, G. Konnektivizm: teoriya obucheniya v tsifrovuyu epokhu / G. Simens // Obrazovatelnye tekhnologii. – 2005. – № 3. – S. 45–52.
3. Bejts, A.V. Effektivnoe prepodavanie s ispolzovaniem tekhnologij v vysshem obrazovanii / A.V. Bejts, G. Pul. – SPb. : Piter, 2003. – 288 s.
4. Uvarov, A.YU. TSifrovaya transformatsiya obrazovaniya: vyzovy i perspektivy / A.YU. Uvarov // Voprosy obrazovaniya. – 2020. – № 2. – S. 8–29.
5. Vinokurova, O.E. TSifrovye kompetentsii prepodavatelya v usloviyakh smeshannogo obucheniya / O.E. Vinokurova, M.E. Germogenov // Pedagogika i sovremennost. – 2023. – № 4. – S. 56–63.
6. CHoshanov, M.A. Gibridnoe obuchenie: didakticheskij potentsial i ogranicheniya / M.A. CHoshanov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2022. – № 5. – S. 34–41.

© М.Э. Гермогенов, О.Е. Винокурова, 2026

УДК 316.77:004.7

ЦИФРОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ: РАЗЛИЧИЯ В ОТНОШЕНИИ К ТЕХНОЛОГИЯМ МЕЖДУ СТУДЕНТАМИ И ИХ РОДИТЕЛЯМИ

М.Э. ГЕРМОГЕНОВ, О.Е. ВИНОКУРОВА

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

Ключевые слова и фразы: цифровое поколение; цифровой разрыв; поколение *Z*; социология молодежи; интернет-зависимость; цифровая социализация; студенчество; внутрисемейные коммуникации; цифровые иммигранты.

Аннотация: В статье представлена программа социологического исследования межпоколенческого цифрового разрыва. Цель исследования – выявить и описать ключевые различия в отношении к цифровым технологиям, уровне интернет-зависимости и восприятии цифровых рисков между студентами («цифровые аборигены») и их родителями («цифровые иммигранты»), а также оценить их влияние на внутрисемейную коммуникацию. Задачи: определить структуру использования цифровых устройств и сервисов; выявить уровень интернет-зависимости у представителей разных поколений; сравнить отношение к цифровой безопасности и доверие к источникам информации; выяснить наличие и причины семейных конфликтов, связанных с технологиями. Гипотезы: студенты используют интернет преимущественно для развлечения, родители – для инструментальных целей; уровень интернет-зависимости у студентов значимо выше; студенты более доверчивы к информации из соцсетей, родители предпочитают официальные источники. Методы: количественная стратегия, анкетный опрос (онлайн-анкетирование), целенаправленная выборка с элементами «снежного кома» (N = 300: 100 студентов + 200 родителей). Достигнутые результаты: разработан и обоснован дизайн парного исследования (студент – родитель); создан инструментарий анкеты из четырех блоков; уточнены рабочие определения ключевых понятий; сформулированы ожидаемые результаты, позволяющие верифицировать гипотезы о цифровом разрыве и выявить зоны семейного напряжения. Статья адресована социологам, психологам и педагогам, интересующимся проблемами цифровой социализации и межпоколенческих взаимодействий.

Введение

Современное общество находится в состоянии перманентной цифровой трансформации, изменившей основы повседневного взаимодействия. Особое научное значение приобретает изучение феномена «цифрового поколения» (*Digital Natives*) – молодых людей, для которых цифровая среда естественна с детства, и их родителей – «цифровых иммигрантов» (*Digital Immigrants*), адаптировавшихся к технологиям во взрослом возрасте.

Актуальность обусловлена несколькими факторами. Цифровой разрыв трансформировался в социально-психологический, проявляющийся в различии когнитивных стилей. Молодежь проводит в интернете 6–8 часов в сутки, что значительно превышает показатели старшего поколения. Данная работа представляет программу социологического исследования, направленного на измерение различий в отношении к технологиям между студентами и их родителями.

Теоретико-методологические основания исследования

Теоретической базой выступают концепции цифрового разрыва и поколенческой стратификации. В основе категоризации лежит типология М. Пренски, различающая «цифровых аборигенов» (*Digital Natives*) и «цифровых им-

мигрантов» (*Digital Immigrants*). Несмотря на критику, данная модель остается наиболее операциональной для изучения семейных диад.

В российской социологии проблематика разрабатывается в рамках исследований цифровой социализации.

Г.В. Солдатова и Е.И. Рассказова акцентируют риски и ресурсы использования интернета молодежью [5, с. 52–55]. Е.П. Белинская выделяет феномен «обратной социализации», когда дети выступают агентами цифрового просвещения родителей [1, с. 40–42].

Представим рабочие определения.

Цифровое поколение – студенты 1–3 курсов, чья социализация проходила в условиях широкого распространения интернета.

Цифровые иммигранты – родители, освоившие технологии в зрелом возрасте.

Интернет-зависимость – навязчивое желание выйти в интернет и неспособность контролировать время в сети.

Объект, предмет, цель и задачи исследования

Объект: студенты 1–3 курсов очной формы обучения и их родители.

Предмет: различия в цифровом поведении, отношении к интернету, оценке роли технологий и восприятии рисков.

Цель: выявить и описать ключевые различия в отношении к цифровым технологиям между студентами и их родителями.

Задачи: определить структуру использования цифровых устройств и сервисов (мессенджеры, соцсети, госуслуги, образовательные платформы, развлекательный контент). Выявить уровень субъективной и объективной зависимости от интернета и смартфонов. Выяснить наличие, частоту и причины семейных конфликтов, связанных с технологиями.

Гипотезы исследования

Гипотеза 1 (о функциональном предназначении): студенты используют интернет преимущественно для развлечения и общения, родители – для инструментальных целей (работа, новости, госуслуги) [4, с. 240–243].

Гипотеза 2 (о степени зависимости): уровень интернет-зависимости у студентов статистически значимо выше, чем у родителей [5, с. 58].

Гипотеза 3 (о доверии к информации): студенты проявляют большую доверчивость к информации из соцсетей и блогов, родители предпочитают официальные источники [1, с. 44–45].

Методология и методы сбора данных

Для проверки гипотез предусмотрено использование количественной стратегии с элементами сравнительного анализа. Метод сбора: анкетный опрос в форме онлайн-анкетирования (*Google Forms* / Яндекс Формы).

Инструментарий: структурированная анкета из четырех блоков.

Блок А – «Цифровая инфраструктура и предпочтения» (устройства, частота, сервисы).

Блок Б – «Цифровые практики и зависимость» (шкала самооценки времени, симптомы зависимости).

Блок В – «Безопасность и доверие» (доверие к источникам, опыт мошенничества).

Блок Г – «Семейный контекст» (конфликты, обратная социализация).

Выборочная совокупность

Генеральная совокупность: студенты 1–3 курсов вузов (на примере АГУИККИ) и их родители.

Выборочная совокупность: 300 респондентов. Структура:

100 студентов 1–3 курсов очной формы обучения;

200 родителей (по два на студента, при возможности опроса одного – 100 родителей).

Метод формирования: целенаправленная (невероятностная) выборка с элементами «снежного кома». Студентам направляется ссылка на опрос, а также предлагается передать ссылку родителям. Это обеспечивает парность данных для последующего парного сравнения.

Ожидаемые результаты и научная значимость

В результате реализации программы предполагается:

– верифицировать гипотезу о цифровом разрыве в диаде «студент – родитель». При подтверждении различий это обоснует необходимость программ медиации внутри семей;

– уточнить структуру цифровых предпочтений поколения *Z* в российском контексте (специфика использования отечественных плат-

форм);

– выявить зоны социально-психологического напряжения. Если гипотеза об усложнении общения подтвердится, это станет основанием для рекомендаций психологам и социальным работникам.

Заключение

Программа представляет собой систематизированный план эмпирического изучения межпоколенческого цифрового разрыва. Актуальность работы определяется научным интересом к трансформации межпоколенческих взаимодействий и практической потребностью в понимании адаптации семьи к цифровой среде [2, с. 103; 5, с. 60].

Парный дизайн выборки позволит получить валидные данные о различиях внутри семейной системы. Результаты могут быть применены в академических целях (теоретизация цифровой социализации) и в прикладных – для разработки программ медиаграмотности и семейного консультирования. Исследование также позволит эмпирически проверить феномен «обратной социализации» [1, с. 46].

Литература

1. Белинская, Е.П. Цифровая социализация подростков: возможности и риски / Е.П. Белинская // Социальная психология и общество. – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 36–49. – DOI: 10.17759/sps.2020110303.

2. Гурко, Т.А. Трансформация института современной семьи / Т.А. Гурко // Социологические исследования. – 2019. – № 10. – С. 95–104. – DOI: 10.31857/S013216250007058-7.

3. Об утверждении Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы : Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919.

4. Полякова, В.В. Цифровое неравенство и межпоколенческие различия в доступе к информационным технологиям / В.В. Полякова, Л.В. Шабанов // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2021. – № 2. – С. 234–251. – DOI: 10.14515/monitoring.2021.2.1620.

5. Солдатова, Г.В. Цифровая социализация в эпоху пандемии: ресурсы и риски / Г.В. Солдатова, Е.И. Рассказова // Вопросы психологии. – 2020. – № 5. – С. 50–62.

References

1. Belinskaya, E.P. TSifrovaya sotsializatsiya podrostkov: vozmozhnosti i riski / E.P. Belinskaya // Sotsialnaya psikhologiya i obshchestvo. – 2020. – T. 11. – № 3. – S. 36–49. – DOI: 10.17759/sps.2020110303.

2. Gurko, T.A. Transformatsiya instituta sovremennoj semi / T.A. Gurko // Sotsiologicheskie issledovaniya. – 2019. – № 10. – S. 95–104. – DOI: 10.31857/S013216250007058-7.

3. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossijskoj Federatsii na 2017–2030 gody : Ukaz Prezidenta RF ot 09.05.2017 № 203 [Electronic resource]. – Access mode : http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919.

4. Polyakova, V.V. TSifrovoe neravenstvo i mezhpokolencheskie razlichiya v dostupe k informatsionnym tekhnologiyam / V.V. Polyakova, L.V. SHabanov // Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsialnye peremeny. – 2021. – № 2. – S. 234–251. – DOI: 10.14515/monitoring.2021.2.1620.

5. Soldatova, G.V. TSifrovaya sotsializatsiya v epokhu pandemii: resursy i riski / G.V. Soldatova, E.I. Rasskazova // Voprosy psikhologii. – 2020. – № 5. – S. 50–62.

© М.Э. Гермогенов, О.Е. Винокурова, 2026

УДК 37

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ В ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

К.П. ГЛУХОВА, Л.В. ДУБИЦКАЯ, Н.М. ПАВЛУЦКАЯ

МБОУ средняя общеобразовательная школа № 17,
г.о. Коломна;
ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»,
г.о. Коломна;
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина»,
г. Москва

Ключевые слова и фразы: профессиональное развитие; учитель физики; искусственный интеллект; цифровая образовательная среда; цифровая компетентность; педагогический дизайн; адаптивное обучение; методическая поддержка; непрерывное образование; информационно-коммуникационные технологии.

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме интеграции технологий искусственного интеллекта (**ИИ**) в систему непрерывного профессионального развития учителя физики в условиях цифровой образовательной среды. В работе обосновывается необходимость пересмотра традиционных подходов к повышению квалификации педагогов в связи с цифровой трансформацией образования. Выявляются основные противоречия между существующими методическими системами и новыми возможностями, открываемыми ИИ. Целью статьи является теоретическое обоснование и методическое описание модели использования инструментов искусственного интеллекта для совершенствования профессиональных компетенций учителя физики. В ходе анализа определены ключевые направления применения ИИ: автоматизация рутинных педагогических задач, персонализация траектории профессионального развития, создание адаптивных дидактических материалов, анализ педагогической деятельности на основе больших данных. Главный вывод заключается в том, что эффективное профессиональное развитие учителя физики в цифровой среде возможно при условии формирования у него не только инструментальной ИКТ-компетентности, но и критического педагогического мышления по отношению к результатам работы интеллектуальных систем.

Современный этап развития образования характеризуется стремительным проникновением цифровых технологий во все аспекты педагогической деятельности. Цифровая образовательная среда перестает быть просто совокупностью электронных ресурсов и превращается в сложную экосистему, включающую интеллектуальные системы управления обучением, адаптивные платформы, симуляторы и тренажеры на основе искусственного интеллекта. В этих условиях профессиональное развитие учителя физики приобретает принципиально новое измерение. Учитель перестает быть единственным транслятором знаний и становится организатором учебного процесса в насыщенной цифровой среде, где ИИ берет на себя значительную часть рутинных операций.

Актуальность темы обусловлена рядом факторов. Во-первых, государственная политика в области цифровизации образования предполагает активное внедрение технологий ИИ. Во-вторых, современные ученики, выросшие в цифровую эпоху, требуют иных подходов к обучению, в том числе персонализированных траекторий, которые невозможно реализовать без интеллектуальных систем. В-третьих, сам учи-

тель физики сталкивается с необходимостью обрабатывать огромные массивы данных об успеваемости, результатах диагностических работ, динамике формирования предметных и метапредметных компетенций. Без инструментов ИИ эта работа становится непосильной.

Вместе с тем существует противоречие между декларируемой необходимостью использования ИИ в педагогической практике и реальным уровнем готовности учителей физики к такой работе. Многие педагоги воспринимают ИИ как угрозу своей профессиональной идентичности или, напротив, как панацею, способную полностью заменить учителя. Ни то, ни другое понимание не соответствует действительности. Требуется научно-методическое осмысление того, каким образом технологии ИИ могут быть интегрированы в систему профессионального развития учителя физики, не подрывая его педагогического суверенитета, а напротив, усиливая его возможности.

Цель данной статьи – теоретически обосновать и методически описать модель использования искусственного интеллекта как инструмента профессионального развития учителя физики в условиях цифровой образовательной среды.

Проанализируем теоретические основы профессионального развития учителя физики в цифровой среде.

Понятие профессионального развития учителя в современной педагогической науке рассматривается как непрерывный процесс совершенствования профессионально значимых качеств, знаний, умений и навыков, необходимых для эффективной педагогической деятельности. Как отмечал Л.С. Выготский в своих работах по психологии развития, обучение ведет за собой развитие [1]. Этот принцип применим и к взрослым обучающимся, в том числе к педагогам. Профессиональное развитие учителя физики традиционно включало углубление предметных знаний, освоение новых методик преподавания, ознакомление с современным лабораторным оборудованием. Однако цифровая трансформация образования вносит в этот процесс существенные коррективы.

Цифровая образовательная среда – это не просто набор компьютеров и проекторов в кабинете. Это системно организованная совокупность информационных, технических, учебно-методических ресурсов, обеспечивающих реализацию образовательного процесса с использованием цифровых технологий. В такой среде меняются функции учителя. Он становится навигатором в информационном пространстве, организатором учебного взаимодействия, организатором самостоятельной познавательной деятельности учащихся.

Искусственный интеллект в образовании – это область компьютерных наук, занимающаяся созданием интеллектуальных систем, способных выполнять задачи, традиционно требующие человеческого интеллекта. Применительно к профессиональному развитию учителя физики можно выделить несколько ключевых направлений использования ИИ.

Первое направление – это автоматизация рутинных педагогических задач. Проверка домашних заданий, особенно тестовых и расчетных задач по физике, отнимает у учителя значительное время. Современные системы на основе машинного обучения способны не только проверять правильность численных ответов, но и анализировать ход решения, выявлять типичные ошибки и предлагать рекомендации. Это освобождает учителя для более творческой работы – проектной деятельности, индивидуальных консультаций.

Второе направление – персонализация траектории профессионального развития. Самообразование учителя физики часто носит стихийный характер. ИИ-ассистенты могут анализировать профессиональные дефициты педагога на основе данных о его работе, результатов аттестации, запросов учащихся и предлагать индивидуальные образовательные маршруты. Например, если система выявляет, что учитель испытывает трудности с объяснением темы квантовой физики, она может рекомендовать ему соответствующие курсы, вебинары, статьи или видеоуроки.

Третье направление – создание адаптивных дидактических материалов. Учитель физики может использовать генеративные нейросети для быстрого создания разноуровневых заданий, подбора задач определенной сложности, генерации лабораторных работ с варьируемыми параметрами. Это позволяет дифференцировать обучение без дополнительных временных затрат.

Четвертое направление – рефлексия и анализ собственной педагогической деятельности. Системы на основе ИИ могут анализировать видеозаписи уроков, выявлять частоту использования тех или иных методов, распределение

времени на различные этапы урока. Такой объективный анализ, лишенный субъективизма, становится мощным инструментом профессионального роста.

Разработка методической системы профессионального развития учителя физики с использованием ИИ требует опоры на деятельностный и компетентностный подходы.

Деятельностный подход, разработанный в трудах А.Н. Леонтьева и С.Л. Рубинштейна, предполагает, что развитие происходит в процессе активной деятельности субъекта [2]. Следовательно, учитель не может овладеть инструментами ИИ пассивно, слушая лекции. Ему необходимо самому включиться в деятельность по использованию ИИ для решения реальных педагогических задач.

Компетентностный подход ориентирует на формирование не просто знаний о ИИ, а способности эффективно применять эти технологии в конкретных ситуациях.

Инструментальная компетентность предполагает умение работать с конкретными программными продуктами на основе ИИ: адаптивными тренажерами, генераторами заданий, системами анализа данных. Учитель должен понимать, как настроить параметры системы, как интерпретировать ее результаты.

Аналитическая компетентность включает способность критически оценивать результаты работы ИИ. Методическая компетентность предполагает умение проектировать учебный процесс с учетом возможностей ИИ. Учитель должен понимать, на каком этапе урока уместно привлечь ИИ, а где необходимо прямое педагогическое взаимодействие. Например, генерацию разноуровневых задач можно поручить нейросети, а вот объяснение сложного физического принципа, требующее эмпатии и понимания индивидуальных затруднений ученика, остается за учителем.

Этапы внедрения ИИ в профессиональное развитие учителя физики могут быть следующими.

Первый этап – диагностический. Учитель проходит диагностику своей цифровой компетентности, выявляет зоны роста. На этом этапе ИИ может выступать как инструмент оценки, анализируя результаты анкетирования, тестирования, а также данные о предыдущей деятельности.

Второй этап – обучающий. Учитель осваивает работу с конкретными инструментами ИИ. Наиболее эффективной формой здесь является практикум, в ходе которого педагог решает реальные профессиональные задачи: создает набор адаптивных заданий по теме динамики, настраивает параметры виртуальной лабораторной работы, анализирует результаты выполнения теста классом с помощью системы аналитики.

Третий этап – интеграционный. Учитель внедряет освоенные инструменты в свою повседневную практику. На этом этапе важна методическая поддержка. Цифровая образовательная среда может предоставлять учителю рекомендации в реальном времени, подсказывая, какой инструмент уместно использовать в данной ситуации.

Четвертый этап – рефлексивный. Учитель анализирует результаты использования ИИ, сравнивает показатели успеваемости учащихся, собственную удовлетворенность работой, затраты времени. И может помочь в этом анализе, предоставляя наглядную статистику и выявляя скрытые закономерности.

Учитель физики занимает особое место в системе школьного образования. Физика – это фундаментальная наука, лежащая в основе современного технологического уклада [3]. Цифровая образовательная среда открывает для учителя физики уникальные возможности. Виртуальные лаборатории позволяют проводить эксперименты, которые в реальных условиях невозможны из-за дороговизны оборудования, опасности или длительности процесса.

Однако специфика физики как экспериментальной науки накладывает ограничения на использование ИИ. Учитель должен сохранять баланс между виртуальным и реальным экспериментом. Учащиеся должны иметь возможность работать с реальными приборами, получать практические навыки измерений, учиться обрабатывать погрешности. ИИ не может заменить опыт сборки электрической цепи или настройки оптической системы. Он может лишь дополнить и обогатить этот опыт.

Еще одна важная особенность – математический аппарат физики. Решение задач по физике требует не только понимания физических законов, но и владения математическими методами. Современные системы ИИ способны решать сложные физические задачи, но учитель должен научить учащихся делать это самостоятельно. Использование ИИ как калькулятора, который выдает готовый ответ, может навре-

дить развитию мышления. Поэтому методически грамотное применение ИИ на уроках физики предполагает использование его не для получения ответа, а для проверки решения, для исследования зависимостей, для визуализации сложных математических моделей.

Профессиональное развитие учителя физики в этом контексте должно быть направлено на формирование умения интегрировать ИИ в учебный процесс таким образом, чтобы он усиливал познавательную активность учащихся, а не подавлял ее. Учитель должен стать экспертом, который решает, когда и как использовать ИИ, а когда от него следует отказаться в пользу традиционных методов.

Конкретные сценарии использования ИИ в системе профессионального развития учителя физики широко освещены в современных исследованиях [4].

Несмотря на очевидные преимущества, интеграция ИИ в систему профессионального развития учителя физики сопряжена с определенными рисками, которые необходимо учитывать [5].

Первый риск – это депрофессионализация учителя. Если ИИ берет на себя проектирование уроков, генерацию заданий, анализ результатов, то учитель может утратить навыки самостоятельного методического творчества [6]. Возникает опасность, что педагог превратится в оператора, который только запускает готовые сценарии, не вникая в их суть. Профилактика этого риска заключается в том, что ИИ должен использоваться как инструмент, расширяющий возможности учителя, а не заменяющий его мышление. Учитель должен оставаться главным лицом, принимающим решения.

Второй риск – это некачественный контент, генерируемый ИИ. Современные языковые модели могут допускать фактические ошибки, особенно в узкоспециализированных областях физики [7]. Учитель должен обладать достаточной предметной компетентностью, чтобы критически оценивать результаты работы ИИ. Слепая вера в авторитет искусственного интеллекта недопустима.

Третий риск – это этические проблемы. Использование ИИ для анализа деятельности учителя, особенно видеозаписей уроков, поднимает вопросы приватности и конфиденциальности [8]. Необходимо разработать четкие правила сбора, хранения и использования данных. Учитель должен давать информированное согласие на такой анализ и иметь доступ к своим данным.

Четвертый риск – это цифровое неравенство. Не все школы имеют доступ к современным системам ИИ. Учителя, работающие в сельских школах или в школах с недостаточным финансированием, могут оказаться в менее выгодном положении [9]. Система профессионального развития должна учитывать этот фактор и предлагать решения, доступные при любом уровне технического оснащения.

Пятый риск – это перегрузка учителя. Освоение новых инструментов требует времени и усилий. Если внедрение ИИ будет происходить форсированно, без должной методической поддержки, это может привести к стрессу и выгоранию педагогов [10]. Необходимо поэтапное, плавное внедрение, сопровождаемое обучением и консультированием.

Проведенный анализ позволяет сформулировать ряд выводов относительно использования искусственного интеллекта в профессиональном развитии учителя физики в цифровой образовательной среде.

Профессиональное развитие учителя физики в современных условиях невозможно рассматривать в отрыве от цифровой трансформации образования. Цифровая образовательная среда создает принципиально новые возможности для непрерывного совершенствования педагогического мастерства, а технологии ИИ выступают в роли мощного катализатора этого процесса.

Искусственный интеллект не является заменой учителю. Он выступает инструментом, который берет на себя рутинные операции, освобождая педагога для творческой деятельности. Однако эффективное использование ИИ требует от учителя физики сформированности особых компетенций: инструментальных, аналитических и методических. Без их развития внедрение ИИ может привести к негативным последствиям, вплоть до депрофессионализации [11].

Необходимо учитывать риски и ограничения, связанные с использованием ИИ. Ключевыми из них являются: риск депрофессионализации, риск некритического восприятия результатов работы ИИ, этические проблемы и риск цифрового неравенства.

Преодоление этих рисков требует разработки четких методических рекомендаций и этических норм [12].

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: разработка конкретных методик использования ИИ для различных разделов школьного курса физики, создание систем оценки эффективности применения ИИ в профессиональном развитии учителя, а также изучение влияния ИИ на мотивацию и удовлетворенность педагогов своей работой.

Литература

1. Выготский, Л.С. Мышление и речь / Л.С. Выготский. – М., 1934.
2. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – М., 1975.
3. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн. – М., 1946.
4. Асмолов, А.Г. Психология современности: вызовы неопределенности, сложности и разнообразия / А.Г. Асмолов // Психологические исследования. – 2015. – Т. 8. – № 40. – С. 1.
5. Шешанков, И.Н. Нейросети в работе современного учителя физики / И.Н. Шешанков, Л.В. Дубицкая // Образование и педагогические кадры в современном мире. Учитель передовой школы : Сборник материалов национальной научно-практической конференции, Рязань, 19 ноября 2025 года. – СПб. : Наукоемкие технологии, 2026. – С. 237–243. – EDN YRIQMV.
6. Шешанков, И.Н. Современный урок физики в условиях активного внедрения нейросетей / И.Н. Шешанков, Л.В. Дубицкая // Физика в школе. – 2025. – № 3. – С. 23–30. – DOI: 10.47639/0130-5522_2025_3_23. – EDN IQYYPG.

References

1. Vygotskij, L.S. Myshlenie i rech / L.S. Vygotskij. – M., 1934.
2. Leontev, A.N. Deyatelnost. Soznanie. Lichnost / A.N. Leontev. – M., 1975.
3. Rubinshtejn, S.L. Osnovy obshchej psikhologii / S.L. Rubinshtejn. – M., 1946.
4. Asmolov, A.G. Psikhologiya sovremennosti: vyzovy neopredelennosti, slozhnosti i raznoobraziya / A.G. Asmolov // Psikhologicheskie issledovaniya. – 2015. – T. 8. – № 40. – S. 1.
5. SHeshankov, I.N. Nejroseti v rabote sovremennogo uchitelya fiziki / I.N. SHeshankov, L.V. Dubitskaya // Obrazovanie i pedagogicheskie kadry v sovremennom mire. Uchitel peredovoj shkoly : Sbornik materialov natsionalnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii, Ryazan, 19 noyabrya 2025 goda. – SPb. : Naukoemkie tekhnologii, 2026. – S. 237–243. – EDN YRIQMV.
6. SHeshankov, I.N. Sovremennij urok fiziki v usloviyakh aktivnogo vnedreniya nejrosetej / I.N. SHeshankov, L.V. Dubitskaya // Fizika v shkole. – 2025. – № 3. – S. 23–30. – DOI: 10.47639/0130-5522_2025_3_23. – EDN IQYYPG.

© К.П. Глухова, Л.В. Дубицкая, Н.М. Павлуцкая, 2026

УДК 796

ДЕСТРУКТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПАГУБНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ЖИЗНЬ И ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНТА

В.А. КУЗНЕЦОВ, Л.В. ЗАСУХИНА, О.В. СЕСОРОВА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина»,
г. Нижний Новгород

Ключевые слова и фразы: студенчество; пагубные привычки; зависимость; аддикция; психоактивные вещества; нехимические аддикции; академическая успеваемость; психическое здоровье.

Аннотация: Цель данной статьи – рассмотреть возможное негативное влияние пагубных привычек на физическое и психическое здоровье, академическую успеваемость и социальную сферу жизнедеятельности студентов. В данной статье приведены факторы, способствующие формированию зависимостей; понятие аддикции и их классификация. Основным методом исследования является анализ научно-методической литературы. Результаты анкетирования среди студентов вузов показали, что пагубные зависимости являются мощным деструктивным фактором, который наносит ущерб физическому и психическому здоровью, разрушает социальные связи и истощает финансовые ресурсы. Данные подчеркивают необходимость целенаправленной работы с молодежью для формирования устойчивых здоровых привычек.

Студенческие годы – это период интенсивного интеллектуального, социального и личностного развития. Однако в это же время студент освобождается от родительского контроля, появляется достаточно высокий уровень стресса на фоне сепарации, а также совершенно новой окружающей среды и попыток влиться в незнакомый коллектив. В данный период существует высокая вероятность появления существенных рисков для формирования новых деструктивных поведенческих привычек, к которым также относятся пагубные аддикции.

Для более детального углубления в проблему необходимо рассмотреть понятие аддикции, а также классификацию зависимостей. Р.А. Кутбиддинова рассматривает аддикцию как форму девиантного поведения, которая заключается в стремлении ухода от реальности путем изменения своего психического состояния [1]. Зависимость может быть химической и нехимической (эмоциональной) [2].

1. Химическая зависимость – психическое состояние, появляющееся при повторном употреблении **ПАВ** (психоактивного вещества). К ПАВ относятся как запрещенные, так и общедоступные вещества: алкоголь, никотин, лекарственные препараты, и даже кофеин и бытовая химия. Наиболее распространенные виды химической зависимости: алкогольная и никотиновая зависимости, наркомания и токсикомания.

2. Нехимическая (эмоциональная) зависимость – измененное психологическое состояние человека без использования различных ПАВ. Она выражается в азартном поведении, при котором побуждение к действию становится необходимостью, ощущается как голод или жажда, которую невозможно контролировать. К такому типу относятся: лудомания, клептомания, пиромания, а также пищевые аддикции.

Существует три фактора формирования зависимостей: биологические, социальные и личностные (психологические) [3].

1. Биологические факторы – это генетическая предрасположенность и нейропсихические особенности мозга человека. Чаще всегда биологические факторы способствуют развитию именно химических зависимостей.

2. К социальным факторам можно отнести: влияние семьи и всего окружения в целом,

различные традиции, например, связанные с распитием алкогольных напитков, нравственные ориентиры и ценности общества и, конечно же, популяризация того или иного вида деятельности в сети интернет. К последнему можно отнести тренды, которым многие безоговорочно следуют, например, тренд на худобу, и которые влекут за собой различные пищевые аддикции. Сюда же относится и популяризация казино среди молодежи, что влечет за собой развитие игровой зависимости.

3. К психологическим факторам относятся личностные особенности человека (неумение справляться с жизненными трудностями, низкая самооценка, отсутствие саморегуляции, тревожность и импульсивность), пережитый травмирующий опыт.

Пагубные зависимости могут нанести мощнейший удар по не до конца сформировавшемуся организму человека. Ухудшение физического и психического состояния из-за аддикции является распространенным явлением. Рассмотрим влияние наиболее распространенных химических зависимостей.

1. *Алкоголь*. При длительном и систематическом употреблении алкоголя страдает как нервная система, так и внутренние органы человека. Однако даже редкие приемы алкоголя влекут за собой множество последствий. Из-за сокращения выработки лимфоцитов может наблюдаться снижение иммунитета и возникновение аллергических реакций. Помимо этого, высок риск сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний печени и почек. Алкоголь также повреждает структуры мозга, отвечающие за память человека, что напрямую ведет к нарушению когнитивных функций: снижение концентрации внимания, нарушение логического мышления, а также снижение объема как кратковременной, так и долгосрочной памяти.

2. *Курение*. Токсические вещества, которые присутствуют в никотине, при вдохе воздействуют на легочные ткани, раздражают слизистые и, вполне вероятно, влекут за собой хронические заболевания. При систематическом курении высока вероятность развития различных патологий как сердечно-сосудистой системы, так и легких. Помимо этого, снижается уровень выносливости и активности, появляется одышка даже при малейшей физической нагрузке. Курение также снижает умственную работоспособность и повышает утомляемость.

3. *Наркотические вещества* истощают нервную систему, из-за чего нарушаются когнитивные способности человека. При употреблении существует высокая вероятность появления апатии, депрессии и психозов, также высок риск потери интереса не только к учебе, но и к жизни в целом. Так же как и другие зависимости, наркотические вещества влекут за собой иногда непоправимые последствия: ухудшение пищеварения, нарушение работы сердечно-сосудистой, костной и дыхательной систем, опасная потеря веса, снижение иммунитета.

Стоит отметить, что употребление любых ПАВ нарушает естественное сознание человека. При длительном употреблении высокий риск развития психологических и психических заболеваний, развивается эмоциональная неустойчивость, раздражительность, нарушается сон. Как было сказано ранее, употребление веществ, изменяющих сознание человека, часто влечет за собой неспособность справиться с любым стрессом и трудностями, из-за чего впоследствии развивается нежелание жить, что влечет за собой смерть.

Помимо эмоциональных и физических нарушений, пагубные привычки влекут за собой разрушение социальных связей. На фоне аддиктивного поведения часто происходят конфликты с окружением и человек переходит в другой круг общения, который более близок к его «увлечениям». Также стоит отметить возможные финансовые проблемы. Когда человек подвержен аддикции, он не может контролировать свои расходы, так как желание исполнить новую «потребность» оказывается намного сильнее. Все это создает дополнительный стресс и может подтолкнуть человека к необдуманным и даже рискованным поступкам, например, нелегальные способы заработка либо же огромные долги.

В Нижнем Новгороде был проведен опрос среди студентов разных вузов на тему пагубных привычек. В ходе анкетирования приняли участие 200 студентов с разных факультетов. Цель – определить уровень распространенности пагубных привычек и отношение к ним среди молодежи. Анализ данных показал следующие результаты.

30 % респондентов признались, что регулярно курят, среди них 21 % юношей. Еще 20 % курили раньше, но от этой привычки отказались по разным причинам: беременность, стали вести здоровый образ жизни, рекомендации врача и т.д. Остальные 50 % студентов не курят

совсем.

Результаты по употреблению алкоголя оказались иными: 70 % испытуемых употребляют алкоголь нерегулярно, преимущественно по праздникам; 15 % употребляют алкоголь регулярно (раз в неделю и чаще); 15 % полностью воздерживаются от алкоголя.

Также задавались вопросы по поводу употребления наркотиков. Некоторые испытуемые отказывались отвечать на данный вопрос. 5 % испытуемых признались, что хотя бы раз употребляли запрещенные вещества. Большинство категорически против наркотиков.

Молодым людям также задавались вопросы по поводу таких пагубных привычек, как злоупотребление гаджетами и неправильное питание. Почти 60 % отметили, что проводят более 5 часов в день за гаджетами, что вызывает у них усталость и проблемы со сном. 45 % сообщили о частом употреблении фастфуда и недостатке физической активности.

Анализ результатов опроса показал, что курение остается значимой проблемой среди студентов, несмотря на возрастные ограничения и информационные кампании. Необходимо усилить профилактическую работу и поддержать программы отказа от курения.

Алкоголь употребляется в основном социально, но есть группа риска – 15 %, регулярно употребляющих спиртное. Следует обратить внимание на объяснение возможных негативных последствий.

Наркотики мало распространены, но проблема существует. Важно продолжать информирование и проведение профилактических мер.

Пагубные привычки, связанные с образом жизни (злоупотребление гаджетами и неправильное питание), широко распространены, что негативно сказывается на здоровье и успеваемости студентов.

Для улучшения ситуации рекомендуется внедрять комплексные программы здоровья, включающие психологическую поддержку, образовательные мероприятия и создание условий для активного и здорового образа жизни.

Эти данные подчеркивают необходимость целенаправленной работы с молодежью для формирования устойчивых здоровых привычек.

Таким образом, можно сделать вывод, что пагубные зависимости являются мощным деструктивным фактором, который наносит ущерб физическому и психическому здоровью, разрушает социальные связи и истощает финансовые ресурсы. Профилактика должна быть системной и включать не только информирование о возможных последствиях и рисках, но также и развитие навыков стрессоустойчивости, формирование здоровой социальной среды в университетах и обеспечение доступной психологической помощи.

Литература

1. Баженов, И.П. Вместе с дымом папиросы уходит здоровье / И.П. Баженов. – М. : Медгиз, 1960. – С. 23.
2. Дереча, В.А. Психология зависимостей : учеб. пособие для вузов / В.А. Дереча. – М. : Юрайт, 2023. – С. 15.
3. Кутбиддинова, Р.А. Психология зависимости : учебно-метод. пособие / Р.А. Кутбиддинова. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2017. – С. 178.
4. Мехтиханова, Н.Н. Психология зависимого поведения : учеб. пособие / Н.Н. Мехтиханова. – Ярославль : ЯрГУ, 2005. – С. 213.
5. Наркология: национальное руководство / Под ред. Н.Н. Иванца, И.П. Анохиной, М.А. Винниковой. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – С. 76.
6. Старшенбаум, Г.В. Аддиктология: психология и психотерапия зависимостей / Г.В. Старшенбаум. – М. : Когито-Центр, 2006. – С. 314.

References

1. Bazhenov, I.P. Vmeste s dymom papirosy ukhodit zdorove / I.P. Bazhenov. – M. : Medgiz, 1960. – S. 23.
2. Derecha, V.A. Psikhologiya zavisimostej : ucheb. posobie dlya vuzov / V.A. Derecha. – M. : YUrajt, 2023. – S. 15.
3. Kutbiddinova, R.A. Psikhologiya zavisimosti : uchebno-metod. posobie / R.A. Kutbiddinova. –

YUzhno-Sakhalinsk : SakhGU, 2017. – S. 178.

4. Mekhtikhanova, N.N. Psikhologiya zavisimogo povedeniya : ucheb. posobie / N.N. Mekhtikhanova. – YAroslavl : YArGU, 2005. – S. 213.

5. Narkologiya: natsionalnoe rukovodstvo / Pod red. N.N. Ivantsa, I.P. Anokhinoj, M.A. Vinnikovoj. – M. : GEOTAR-Media, 2008. – S. 76.

6. Starshenbaum, G.V. Addiktologiya: psikhologiya i psikhoterapiya zavisimostej / G.V. Starshenbaum. – M. : Kogito-TSentr, 2006. – S. 314.

© В.А. Кузнецов, Л.В. Засухина, О.В. Сесорова, 2026

УДК 355.233.231.1

ЭКСКУРСИОННО-МУЗЕЙНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ШКОЛЬНИКОВ В КОНТЕКСТЕ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

М.А. НИКИТИНА, Л.С. ПОДЫМОВА

АНО ВО «Российский новый университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: патриотическое воспитание; экскурсионно-музейная деятельность; познавательная активность; музейная педагогика; образовательный туризм; школьный музей; краеведение.

Аннотация: В статье рассматривается проблема гражданско-патриотического воспитания молодежи в условиях современных социокультурных трансформаций. Цель исследования – изучить специфику экскурсионно-музейной деятельности как формы управления познавательной активностью школьников в русле патриотического воспитания. Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач: проанализировать теоретико-методологические основы музейной педагогики и образовательного туризма; рассмотреть конкретные примеры реализации экскурсионно-краеведческих программ; выявить их воздействие на гражданскую сознательность и психофизическое состояние обучающихся. Гипотеза исследования базируется на предположении о том, что интеграция образовательного туризма и интерактивных музейных практик выступает мощным катализатором познавательного интереса, обеспечивая более глубокое и осознанное усвоение патриотических ценностей по сравнению с традиционными аудиторными форматами. В качестве методов исследования применялись теоретический анализ научно-педагогической литературы, обобщение передового опыта общеобразовательных учреждений, синтез эмпирических данных и анализ результатов педагогического наблюдения. Достигнутые результаты продемонстрировали, что вовлечение школьников в практико-ориентированные форматы (квесты, полевые экспедиции, военно-исторические маршруты, трекинг) не только существенно повышает уровень их социальной активности и готовности к выполнению гражданского долга, но и благотворно влияет на психофизическое здоровье. Вследствие этого подтверждена высокая педагогическая эффективность школьных музеев и краеведческого туризма как базовых инструментов, трансформирующих академические знания в глубоко личностные ценностные установки.

В современных условиях геополитических и социокультурных трансформаций проблема гражданского становления подрастающего поколения приобретает особую актуальность. Перемены, происходившие в нашей стране в конце прошлого века, привели к массовому обесцениванию нравственных идеалов и замене понятий морали категориями материальной выгоды. Как следствие, выросло целое поколение на культе ложных ценностей и потребительского отношения к государству [1, с. 336]. Возрождение патриотизма сегодня выступает не просто образовательной задачей, а важнейшим шагом к восстановлению духовной основы общественного сознания. Государство формулирует социальный заказ на воспитание человека с активной жизненной позицией, высоконравственного и трудолюбивого патриота своей малой и большой Родины.

Цель настоящей статьи – изучить специфику экскурсионно-музейной деятельности как формы управления познавательной активностью школьников в русле гражданско-патриотического воспитания. Для достижения намечен-

ной цели были поставлены следующие задачи:

1) проанализировать теоретико-методологические основы музейной педагогики и образовательного туризма;

2) рассмотреть конкретные примеры реализации экскурсионно-музейных и краеведческих программ в различных регионах;

3) выявить воздействие рассматриваемых форматов на уровень гражданской сознательности, а также на психофизическое состояние молодежи.

В современной педагогической науке накоплен значительный массив данных, касающихся различных аспектов гражданского становления молодежи, однако специфика управления познавательным интересом через синтез туризма и музейного дела раскрыта не до конца. В частности, С.В. Семергей и А.Н. Чугуева подробно рассмотрели процессы гражданско-патриотического воспитания в парадигме новых образовательных стандартов и программ [1, с. 336]. Функциональный и рекреационный потенциал экскурсионно-краеведческой работы детально проанализирован в совместном труде С.Б. Ожевой, О.В. Агошковой и Т.Н. Поддубной [2, с. 129]. Изучению глубинных связей культурного наследия и интерактивных форматов работы (включая метод проектов) посвящены исследования Л.Н. Шаймардановой и Э.Ш. Шакировой [3, с. 90], а также Я.А. Овчаровой, сфокусировавшейся на квест-экскурсиях и профильных музейных клубах [4, с. 91]. Специфика военно-исторического образовательного туризма и походов по местам боевой славы предметно раскрыта И.А. Тереховой и О.П. Москаленко [5, с. 62], тогда как Д.Д. Гринев, А.В. Лыткин и Г.Е. Тюпенькова сделали акцент на изменении психофизиологических показателей и стрессоустойчивости молодежи в процессе трекинга [6, с. 158]. Фундаментальная роль школьного музея как структурного центра воспитательной работы с конкретными статистическими результатами блестяще доказана В.Н. Гуровым и И.Н. Микулан [7, с. 113]. В свою очередь, Д.А. Нарциссов, Н.А. Саблина, Е.И. Корзинова и Г.О. Пастухов предложили действенный инструментарий для оценки педагогической эффективности патриотических занятий с учетом обратной связи от обучающихся [8, с. 308]. Несмотря на столь обширную теоретическую базу, обнаруживается очевидный пробел: большинство исследователей рассматривают музейную деятельность, полевой образовательный туризм и методы анкетирования патриотизма изолированно друг от друга. Представленная статья призвана восполнить этот дефицит, предложив комплексный взгляд на экскурсионно-музейную среду не просто как на набор разрозненных мероприятий, а как на единый инструмент системного управления познавательной активностью.

Интеграция музейной педагогики и туризма позволяет избежать сухого академизма. Образовательный туризм рассматривается как целенаправленно организованные для детей туристские поездки и экскурсии, направленные на получение дополнительных знаний и умений [5, с. 62]. Использование объектов природного и культурного наследия вносит в процесс преподавания истории наглядность и мощный эмоциональный стимул, активизируя творческую мысль обучающихся. Отмечается, что краеведение должно опираться не только на механическое запоминание исторических дат, но и прежде всего на любовь к родному краю, что делает человека духовно богаче и ответственнее за свое будущее [3, с. 90].

Управление познавательной активностью через краеведческие форматы широко применяется в системе школьного образования. Показателен опыт Джалильской средней общеобразовательной школы № 1 Республики Татарстан. Музейная педагогика здесь жестко ориентирована на передачу культурного опыта через практическую вовлеченность. В школьном краеведческом музее собраны богатейшие материалы, а на уроках технологии дети глубоко знакомятся с традициями, применяя метод проектов: они собирают исторические сведения, создают текстильные куклы и шьют для них традиционные одежды проживающих в республике народов (татар, русских, удмуртов, чувашей). Особое внимание уделяется народным промыслам, таким как лоскутное шитье и городецкая роспись [3, с. 96]. Укреплению межэтнических связей способствуют также тематические событийные мероприятия («Масленица», «Науруз»). По своей структуре модель подобной самодеятельности охватывает теоретико-методологический, содержательный и деятельностный уровни [3, с. 93]. Аналогичный подход, базирующийся на эмоциональном вовлечении, реализуется в Белгородском государственном музее народной культуры. Программа «Истоки» направлена на возрождение вековых моральных ценностей семьи и изучение круга человеческой жизни в народных обрядах [4, с. 90]. Помимо квестов, на базе музея функционируют дискуссионные пло-

щадки и профильные клубы («Пути-дороги», «Волшебный лоскуток», «Мода из комода»). Участники этих объединений своими руками осваивают азы традиционной вышивки, ручной набойки по ткани и кружевоплетения, активно обсуждая краеведческие поездки [4, с. 92]. Разработка военно-исторических маршрутов рассмотрена на примере Калужской области, где бои продолжались 715 дней. Сегодня здесь 585 воинских захоронений, а у узлов сопротивления «Фомино-*I*» и «Зайцева гора» саперы вели подкоп 40 дней. Для учащихся 8–9 классов предлагается маршрут «Дорога памяти», включающий Город воинской славы Малоярославец, мемориальный комплекс в Кудиново и кинокомплекс «Военфильм-Медынь». Туристская деятельность, включая обустройство палаточных лагерей и облагораживание захоронений, способствует духовному обогащению и улучшению психофизического состояния учащихся. Анализ опыта Кубанского государственного технологического университета показал, что 53 % студентов занимаются туризмом ради знакомства с культурой. Педагогическое наблюдение выявило улучшение адаптационных механизмов у юношей после многодневных походов. В школах № 14 и № 28 Ставропольского края экспериментально проверена модель интеграции музеев в учебный процесс. В школе № 14 создан историко-этнографический музей с проектами «Афганская тропа» и «Колхоз «Кызыл Эскер». Количество музейных мероприятий выросло в 2,7 раза, а уровень патриотических знаний учащихся повысился с 40 % до 55 %. Доля ребят, готовых к службе в армии, увеличилась с 12 % до 32 %.

Важно отметить, что любая воспитательная инициатива требует систематической оценки педагогической эффективности. В Липецком колледже индустрии сервиса проводился мониторинг отношения студентов к формату занятий «Разговоры о важном». Обучающиеся оценивали кураторскую работу по пятибалльной шкале, учитывая информативность, связь материала с реальной жизнью, использование интерактивных форм и комфортность психологической атмосферы [8, с. 308]. Полученные данные подтвердили, что сухой лекционный формат неизбежно проигрывает живым, вовлекающим методикам проектной деятельности.

Обобщение представленных теоретических данных и передового практического опыта позволяет сформулировать следующие выводы в соответствии с поставленными задачами.

1. Музейная педагогика и образовательный туризм развивают познавательную активность через добровольный интерес, объединяя образовательные, социализирующие и рекреационные функции. Интерактивные форматы (квесты, поисковые задания) стимулируют любознательность без принуждения.

2. Примеры региональных программ (военно-исторические маршруты в Калужской области, этнографические музеи в Татарстане и Ставропольском крае, квесты в Белгороде) показывают эффективность практико-ориентированного краеведения. Работа с историческими элементами быта, архивами и боевыми маршрутами превращает академические знания в личностные убеждения.

3. Интеграция туризма и музейного краеведения повышает патриотизм и здоровье молодежи. У школьников растет готовность к гражданскому долгу. Трекинг снижает стресс, нормализует физиологию и развивает командные навыки.

Литература

1. Семергей, С.В. Гражданско-патриотическое воспитание школьников в условиях новых образовательных стандартов и новых федеральных основных образовательных программ / С.В. Семергей, А.Н. Чугуева // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2023. – № 12(171). – С. 336–341. – EDN QABXXR.

2. Ожева, С.Б. Экскурсионно-краеведческая деятельность в системе патриотического воспитания молодежи / С.Б. Ожева, О.В. Агошкова, Т.Н. Поддубная // Интегрированные коммуникации в спорте и туризме: образование, тенденции, международный опыт. – 2018. – Т. 2. – С. 128–132. – EDN XYBKYH.

3. Шаймарданова, Л.Н. Изучение культурного наследия как средство воспитания патриотизма / Л.Н. Шаймарданова, Э.Ш. Шакирова // Казанский вестник молодых ученых. – 2022. – Т. 6. – № 5. – С. 88–100. – EDN TFMORY.

4. Овчарова, Я.А. Социально-культурная деятельность музея в формировании патриотического воспитания школьников / Я.А. Овчарова // Современное образование: актуальные вопросы,

достижения и инновации : сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 ноября 2019 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2019. – С. 89–93. – EDN HYWZWC.

5. Терехова, И.А. Туристско-экскурсионная деятельность в патриотическом воспитании молодежи / И.А. Терехова, О.П. Москаленко // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие» : материалы Международной научно-методической конференции и Международной студенческой научной конференции, Санкт-Петербург, 29 марта 2020 года. – Санкт-Петербург : Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «Нацразвитие», 2020. – С. 61–66. – EDN MUIHKZ.

6. Гринев, Д.Д. Обоснованная концепция воспитывающего образования посредством трекинга / Д.Д. Гринев, А.В. Лыткин, Г.Е. Тюпенькова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 12(214). – С. 156–159. – DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.12.p156-159. – EDN UNCSID.

7. Гуров, В.Н. Школьный музей в контексте формирования патриотизма учащихся / В.Н. Гуров, И.Н. Микулан // Инновации в образовании. – 2010. – № 6. – С. 110–126. – EDN LMTPLW.

8. Нарциссов, Д.А. Анализ педагогической эффективности патриотического воспитания студентов / Д.А. Нарциссов, Н.А. Саблина, Е.И. Корзинова, Г.О. Пастухов // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 3(174). – С. 307–310. – EDN PJSMNN.

References

1. Semergej, S.V. Grazhdansko-patrioticheskoe vospitanie shkolnikov v usloviyakh novykh obrazovatelnykh standartov i novykh federalnykh osnovnykh obrazovatelnykh programm / S.V. Semergej, A.N. CHugueva // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 12(171). – S. 336–341. – EDN QABXXR.

2. Ozheva, S.B. Ekskursionno-kraevedcheskaya deyatelnost v sisteme patrioticheskogo vospitaniya molodezhi / S.B. Ozheva, O.V. Agoshkova, T.N. Poddubnaya // Integrirovannye kommunikatsii v sporte i turizme: obrazovanie, tendentsii, mezhdunarodnij opyt. – 2018. – T. 2. – S. 128–132. – EDN XYBKYH.

3. SHajmardanova, L.N. Izuchenie kulturnogo naslediya kak sredstvo vospitaniya patriotizma / L.N. SHajmardanova, E.SH. SHakirova // Kazanskij vestnik molodykh uchenykh. – 2022. – T. 6. – № 5. – S. 88–100. – EDN TFMORY.

4. Ovcharova, YA.A. Sotsialno-kulturnaya deyatelnost muzeya v formirovanii patrioticheskogo vospitaniya shkolnikov / YA.A. Ovcharova // Sovremennoe obrazovanie: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii : sbornik statej XXXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii, Penza, 25 noyabrya 2019 goda. – Penza : Nauka i Prosveshchenie, 2019. – S. 89–93. – EDN HYWZWC.

5. Terekhova, I.A. Turistsko-ekskursionnaya deyatelnost v patrioticheskom vospitanii molodezhi / I.A. Terekhova, O.P. Moskalenko // Sbornik izbrannykh statej po materialam nauchnykh konferentsij GNII «Natsrazvitie» : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferentsii i Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferentsii, Sankt-Peterburg, 29 marta 2020 goda. – Sankt-Peterburg : CHastnoe nauchno-obrazovatelnoe uchrezhdenie dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya Gumanitarnij natsionalnij issledovatelskij institut «Natsrazvitie», 2020. – S. 61–66. – EDN MUIHKZ.

6. Grinev, D.D. Obosnovannaya kontseptsiya vospityvayushchego obrazovaniya posredstvom trekinga / D.D. Grinev, A.V. Lytkin, G.E. Tyupenkova // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. – 2022. – № 12(214). – S. 156–159. – DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.12.p156-159. – EDN UNCSID.

7. Gurov, V.N. SHkolnij muzej v kontekste formirovaniya patriotizma uchashchikhsya / V.N. Gurov, I.N. Mikulan // Innovatsii v obrazovanii. – 2010. – № 6. – S. 110–126. – EDN LMTPLW.

8. Nartsissov, D.A. Analiz pedagogicheskoj effektivnosti patrioticheskogo vospitaniya studentov / D.A. Nartsissov, N.A. Sablina, E.I. Korzinova, G.O. Pastukhov // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 3(174). – S. 307–310. – EDN PJSMNN.

© М.А. Никитина, Л.С. Подымова, 2026

УДК 37.013.32:335.233.1

«ОДИН ДЕНЬ В АРМИИ» КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ФОРМА ПОДГОТОВКИ ДОПРИЗЫВНОЙ МОЛОДЕЖИ К ВОЕННОЙ СЛУЖБЕ

А.А. ПЛАТОНОВ, И.И. БАИШЕВ, Г.Н. ШЕРГИН

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

Ключевые слова и фразы: допризывная подготовка; военно-патриотическое воспитание; начальная военная подготовка; физическая подготовка; психологическая адаптация; военная служба; молодежь.

Аннотация: Цель данной статьи – обосновать эффективность формата «Один день в армии» как инструмента допризывной подготовки, а также разработки методических рекомендаций по его внедрению в образовательных учреждениях.

Задачи:

1) выявить ключевые проблемы традиционной системы допризывной подготовки на основе анализа научной литературы и практических наблюдений;

2) определить психолого-педагогические механизмы эффективности практического формата подготовки;

3) разработать практические рекомендации для педагогов и руководителей патриотических клубов по проведению таких мероприятий;

4) обосновать роль бесед с ветеранами боевых действий в формировании объективного образа военной службы.

Гипотеза исследования: участие в формате «Один день в армии» приводит к значительному повышению уровня социально-психологической подготовки к военной службе по сравнению с допризывниками, не проходившими подобной подготовки, за счет снижения уровня ситуативной тревожности, физической и технической подготовленности, а также беседы с ветеранами.

Методы исследования:

- теоретический анализ научно-методической литературы по вопросам допризывной подготовки и военно-патриотического воспитания;
- сравнительный анализ традиционных и инновационных форматов подготовки призывников;
- обобщение практического опыта реализации проекта «Один день в армии» в учреждениях Якутии и других регионах России;
- метод экспертной оценки – анализ результатов анкетирования, отзывов участников и организаторов мероприятий.

В результате проведенного исследования установлено: 88,2 % участников дали проекту положительную оценку; 70,6 % отметили изменение отношения к армии в лучшую сторону; 79,4 % зафиксировали повышение самооценки готовности к службе. Наиболее значимыми приобретенными навыками стали сборка/разборка автомата, развитие физической выносливости и строевая подготовка. Работа инструкторов получила высокую оценку (73,5 % отметили уважительное отношение). Беседа с ветеранами/офицерами признана полезной 91,7 % участников, у которых она проводилась.

В статье рассматривается практический формат допризывной военной подготовки «Один день в армии» как эффективный метод формирования у молодежи объективного преставления о военной службе, погружения в армейскую атмосферу, приобретения прак-

Таблица 1. Содержание и структура формата «Один день в армии»

Блок подготовки	Содержание деятельности	Планируемый результат
Физическая подготовка	Утренняя зарядка, кросс, подтягивания, отжимания, челночный бег	Развитие силы и выносливости
Строевая подготовка	Отработка строевого шага, выполнения команд при маршировке	Формирование дисциплинированности и слаженности
Огневая подготовка	Разборка/сборка автомата Калашникова, снаряжение магазина, упражнения в тире	Развитие технических навыков и моторики
Радиационная и химическая защита	Надевание ОЗК и противогаза на время, преодоление полосы препятствий	Выработка автоматизма действий в условиях заражения
Тактическая медицина	Наложение жгута, перевязки и эвакуация условно раненного	Формирование навыков оказания первой помощи
Воспитательная работа	Беседа с офицером или ветераном	Психологическая подготовка

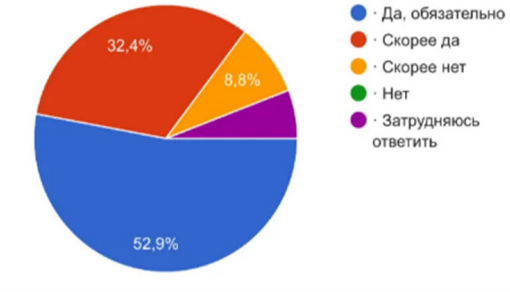

Рис. 1. Посоветуете ли вы своим друзьям/ одноклассникам пройти этот проект?

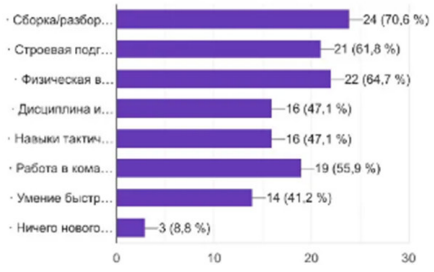

Рис. 2. Какие из перечисленных навыков вы для себя улучшили или получили впервые? (можно выбрать несколько вариантов)

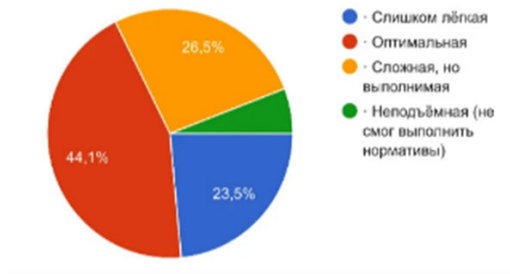

Рис. 3. Насколько сложной для вас оказалась физическая нагрузка в этот день?

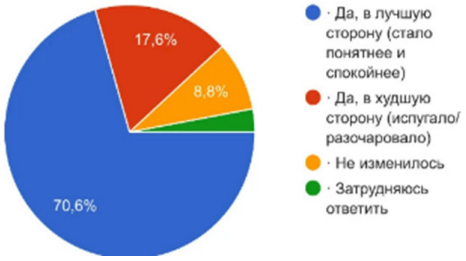

Рис. 4. Изменилось ли ваше отношение к армии после этого дня?

тических навыков и умения психологически адаптироваться к предстоящей службе. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества подготовки призывников в условиях модернизации вооруженных сил. Раскрывается содержание курса, включающего физическую, строевую, тактическую и психологическую подготовку. Анализируются преимущества живого армейского опыта, разрушаются мифы о службе, развивается самоорганизация, проводится проверка характера и профессиональная ориентация. Особое внимание уделяется методике включения в программу беседы с ветеранами боевых действий.

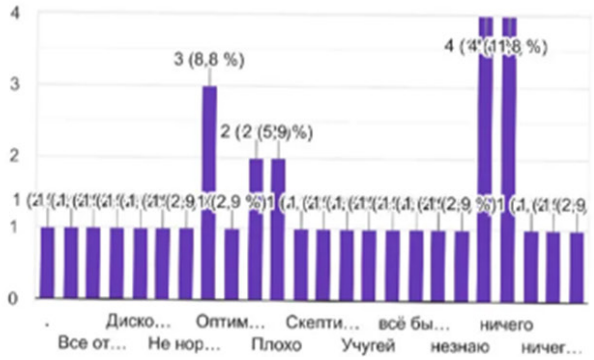

Рис. 5. Что вызвало у вас самый сильный стресс или дискомфорт? (открытый вопрос, поле для текста)

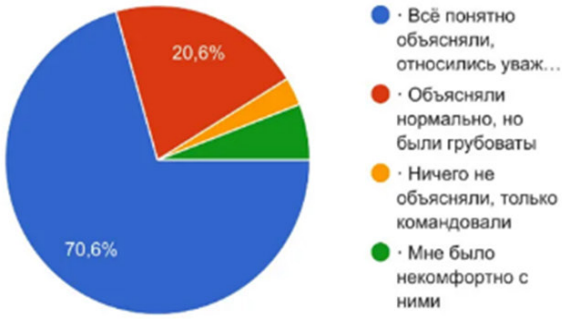

Рис. 6. Оцените работу инструкторов (офицеров, сержантов, ветеранов)

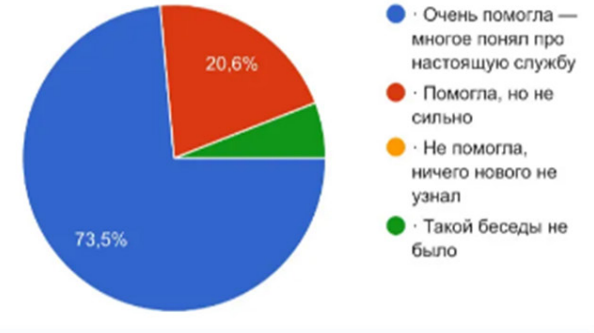

Рис. 7. Насколько вам помогла беседа с ветераном/ офицером?

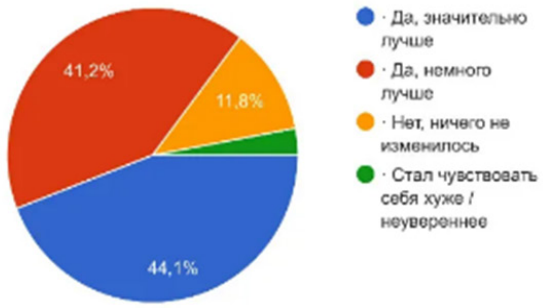

Рис. 8. Считаете ли вы себя теперь лучше готовым к военной службе (или к любым экстремальным ситуациям)?

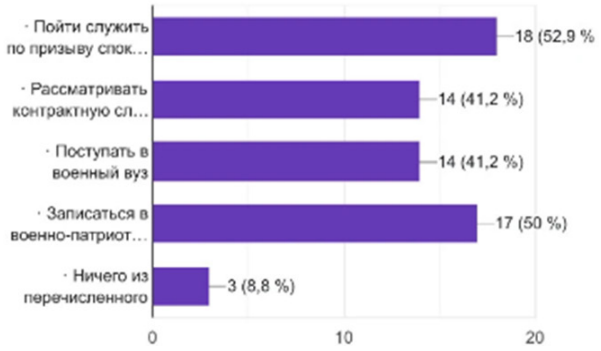

Рис. 9. Собираетесь ли вы в будущем: (можно выбрать несколько)

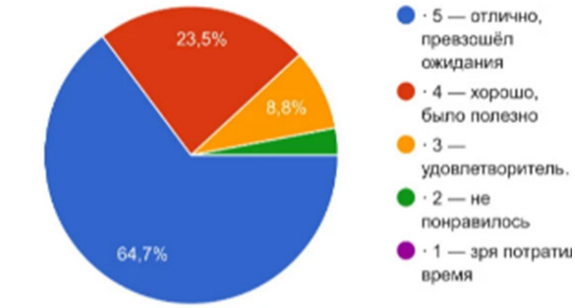

Рис. 10. Как вы оцениваете проект «Один день в армии» в целом?

Особым элементом программы являются встречи с действующими военнослужащими и ветеранами, в том числе участниками специальной военной операции. Как показывает опыт, привлечение ветеранов позволяет:

– получить из первых уст достоверную информацию о реальной военной службе и боевых действиях;

– сформировать правильное понимание ценностей воинского долга, взаимовыручки и

товарищества;

– разрушение мифов и стереотипов, циркулирующих в пространстве.

Для определения заключения мы провели анкетирование учащихся 8–11 классов ГБНОУ РС(Я) «Республиканский лицей-интернат». Опрос прошли и педагоги данной организации.

На диаграммах (рис. 1–10) представлены примерные вопросы анкетирования проекта «Один день в армии».

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Традиционная система допризывной подготовки в значительной степени ориентирована на теоретическое обучение и недостаточно обеспечивает практические навыки и психологическую подготовку, а также адаптацию призывников.

2. Формат «Один день в армии» позволяет в короткие сроки решить следующие задачи: снятие страха неизвестности, приобретение базовых военно-прикладных навыков, проверка физической выносливости, овладение навыками строевой подготовки.

3. Психологическая эффективность обеспечивается сочетанием иного подхода (социально-психологические механизмы и групповые взаимодействия).

4. Включение в программу бесед с ветеранами боевых действий является значимым фактором формирования объективного и ценностного представления о военной службе.

На основании полученных выводов разработаны следующие практические рекомендации для образовательной организации и педагогов.

1. Включить формат «Один день армии» в план внеурочной деятельности и дополнительного образования как элемент допризывной подготовки.

2. Организовать сотрудничество с военными комиссарами, воинскими частями и ветеранскими организациями.

3. При формировании программы учитывать уровень физической подготовки учащихся, предусматривая им определенную нагрузку.

Литература

1. Буткевич, В.В. Патриотическое воспитание учащихся: история и современность : пособие для педагогов общеобразоват. учреждений / В.В. Буткевич. – Минск : Нац. ин-т образования, 2010. – 208 с.

2. Кулишов, В.В. Организация гражданско-патриотического воспитания детей и молодежи в системе дополнительного образования. Методические рекомендации / В.В. Кулишов, И.В. Зотова. – Краснодар : Институт социальных технологий, 2018. – С. 68–79.

3. Лутовинов, В.И. Основы патриотического (военно-патриотического) воспитания и подготовки граждан (молодежи) к защите Отечества и военной службе : учебно-метод. пособие / В.И. Лутовинов; под общ. ред. А.В. Дворникова. – М. : СОТИС, 2024. – 344 с.

4. Ширшов, В.Д. Основы военно-патриотического воспитания : учеб. пособие / В.Д. Ширшов. – Екатеринбург, 2021. – С. 143–171.

5. Ахметшин, Р.Р. Основы военной службы : учеб. пособие / Р.Р. Ахметшин. – М. : Юрайт, 2024. – С. 45–52. (Глава «Распорядок дня и регламент служебного времени»).

6. Ким, С.В. Основы безопасности и защиты Родины. 10–11 классы / С.В. Ким, В.А. Горский. – М. : Просвещение, 2024. – С. 11–118. (Раздел «Жизнь и быт военнослужащих»).

7. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации. – М. : Эксмо, 2023. – С. 164–172. (Статьи 220–235 «Распределение времени и повседневный порядок»).

8. Митяев, А.В. Книга будущих командиров / А.В. Митяев. – М. : ОГИЗ, 2022. – С. 340–345. (Глава о дисциплине и распорядке).

9. Памятка призывнику: пособие для тех, кто идет служить. – СПб. : Литера, 2023. – С. 12–15. (Раздел «Первые дни в части»).

10. Литвиненко, В.И. Основы начальной военной подготовки. (Общее образование) : учеб. пособие / В.И. Литвиненко. – М. : КноРус, 2025. – С. 210–225. (Глава «Организации внутренней службы»).

References

1. Butkevich, V.V. Patrioticheskoe vospitanie uchashchikhsya: istoriya i sovremennost : posobie dlya pedagogov obshcheobrazovat. uchrezhdenij / V.V. Butkevich. – Minsk : Nats. in-t obrazovaniya, 2010. – 208 s.

2. Kulishov, V.V. Organizatsiya grazhdansko-patrioticheskogo vospitaniya detej i molodezhi v sisteme dopolnitelnogo obrazovaniya. Metodicheskie rekomendatsii / V.V. Kulishov, I.V. Zotova. – Krasnodar : Institut sotsialnykh tekhnologij, 2018. – S. 68–79.

3. Lutovinov, V.I. Osnovy patrioticheskogo (voenno-patrioticheskogo) vospitaniya i podgotovki grazhdan (molodezhi) k zashchite Otechestva i voennoj sluzhbe : uchebno-metod. posobie / V.I. Lutovinov; pod obshch. red. A.V. Dvornikova. – M. : SOTIS, 2024. – 344 s.

4. SHirshov, V.D. Osnovy voenno-patrioticheskogo vospitaniya : ucheb. posobie / V.D. SHirshov. – Ekaterinburg, 2021. – S. 143–171.

5. Akhmetshin, R.R. Osnovy voennoj sluzhby : ucheb. posobie / R.R. Akhmetshin. – M. : YUrajt, 2024. – S. 45–52. (Glava «Rasporyadok dnya i reglament sluzhebnogo vremeni»).

6. Kim, S.V. Osnovy bezopasnosti i zashchity Rodiny. 10–11 klassy / S.V. Kim, V.A. Gorskij. – M. : Prosveshchenie, 2024. – S. 11–118. (Razdel «ZHizn i byt voennosluzhashchikh»).

7. Obshchevoinskie ustavy Vooruzhennykh Sil Rossijskoj Federatsii. – M. : Eksmo, 2023. – S. 164–172. (Stati 220–235 «Raspredelenie vremeni i povsednevnij poryadok»).

8. Mityaev, A.V. Kniga budushchikh komandirov / A.V. Mityaev. – M. : OGIZ, 2022. – S. 340–345. (Glava o distsipline i rasporyadke).

9. Pamyatka prizyvniku: posobie dlya tekh, kto idet sluzhit. – SPb. : Litera, 2023. –

S. 12–15. (Razdel «Pervye dni v chasti»).

10. Litvinenko, V.I. Osnovy nachalnoj voennoj podgotovki. (Obshchee obrazovanie) : ucheb. posobie / V.I. Litvinenko. – M. : KnoRus, 2025. – S. 210–225. (Glava «Organizatsii vnutrennej sluzhby»).

© А.А. Платонов, И.И. Баишев, Г.Н. Шергин, 2026

УДК 37

РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ У ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

Н.Н. РУЗАЙКИНА, М.А. ЕРМОЛАЕВА, Е.А. ШУНЯЕВА

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»;
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»,
г. Саранск

Ключевые слова и фразы: двигательные качества; методика тренировок; физическая культура; физическая подготовка; профессиональный спорт; спортивная подготовка; волейбол.

Аннотация: В данном исследовании рассматриваются вопросы развития физических качеств у волейболистов, которые являются важнейшими факторами успеха в современном спортивном процессе. Эффективное развитие физических качеств обеспечивает высокий уровень специальной подготовки спортсменов, улучшает технику владения мячом, повышает надежность выполнения игровых приемов и снижает вероятность травматизма. Также в статье рассматриваются современные подходы к физическому совершенствованию волейболистов, приводятся рекомендации по формированию оптимального тренировочного режима и контролю динамики развития ключевых физических качеств.

Целью данного исследования являются: характеристика уровня и распределение основных физических качеств волейболистов, выявление их связи с игровыми результатами (эффективность перемещений, прыжковая мощность, скорость реакции) в выбранной возрастной и подготовленной группе.

Задачи исследования: проанализировать существующие методы и программы развития физических качеств у волейболистов; выявить ключевые физические качества, необходимые для эффективной игры в волейбол; разработать и апробировать методики и тренировочные программы для повышения физических качеств спортсменов; дать оценку уровня развития физических качеств у волейболистов различного уровня подготовки.

Гипотеза исследования: комплексное применение эффективных средств и методов тренировочного процесса волейболистов, направленных на развитие физических способностей, силовых качеств, может принести положительные результаты, а также будет способствовать физическому и духовному развитию игроков.

Методы исследования: теоретический анализ литературы, педагогическое наблюдение, социологический опрос.

Одним из основополагающих направлений полноценной физической подготовленности волейболистов считается совершенствование силы нижних конечностей, а также плечевого пояса при осуществлении прыжков и блокировки. Так, для развития мышц спортсмены применяют специальное оборудование (гантели, штанги, тренажеры). Элементы, среди которых фигурируют выпады, приседания и тяговые движения, способствуют совершенствованию взрывной силы, которая, в свою очередь, важна при достижении максимальной высоты прыжков и силы ударов.

В процессе развития физических качеств у волейболистов ключевую роль играет высокая степень выносливости. Аэробная подготовка является необходимым элементом в поддержании двигательной активности на протяжении длительного времени. Так, главными способами увеличения показателей выносливости являются: «рваный» бег, круговые тренировки, а также специализированные тренировки из сферы фитнеса.

По словам исследователей, спортсменам

требуется демонстрировать выдающиеся показатели силы, выносливости, проворства, координации движений и стремительности. В связи с этим совершенствование физических характеристик игроков выходит на первый план в методике подготовки, разрабатываемой тренерским штабом [1].

Стоит отметить еще один немаловажный фактор, который способствует быстрому переходу в атаку и резким перепадам обстановки на площадке. Таким фактором является скорость перемещений. Так, для развития данного качества у спортсменов используются различные тренировки, состоящие из бега на короткие дистанции, челночного бега и функциональных тренировок. Таким образом, плодотворное осуществление данных упражнений поможет спортсменам, в нашем случае волейболистам, развить реакцию, маневренность и координационные способности.

Развитие координации в тренировочном процессе у волейболистов способствует совершенствованию технико-тактических способностей, среди которых подача, приемы, передача, защита и атака. Комплекс упражнений для развития данного качества включает в себя упражнения на полусфере, стойки на одной ноге, применение координационной лестницы и т.д. Правильное выполнение данных движений позволяет снизить количество травм, а также повышает качество действий игрока на площадке.

Тренировочная программа у волейболистов включает в себя и развитие гибкости. Главным преимуществом развития гибкости является снижение риска повреждения мышц и связок. В ходе тренировки гибкости применяются как динамические, так и статические элементы. К ним можно отнести следующие упражнения: «стульчик», «гиперэкстензия», «планка» на прямых и согнутых руках, стойка с прямыми руками с весом и т.д. Данные упражнения позволяют достичь большой пользы на площадке.

Грамотно выстроенный тренировочный план способствует формированию у спортсменов пика функциональной готовности, что значительно повышает вероятность успешного выступления на соревнованиях различных уровней [4].

В настоящее время специалисты, тренеры и преподаватели пытаются развить силу и скорость волейболистов путем синтезирования, которые, в свою очередь, сочетаются с силой и реакцией. Например, различные прыжковые элементы с отталкиванием позволяют развить взрывную силу во время резкой перемены процесса игры на площадке. Стоит отметить, что в ходе тренировок добавляют различные технологии, которые упрощают тренировочный процесс. Также тренеры в работе с волейболистами зачастую используют интервальные тренировки, которые представляют собой выполнение коротких физических отрезков с максимальной нагрузкой. Они помогают укрепить сердечно-сосудистую систему.

Специализированные тренировки, которые воссоздают процесс игры, способствуют совершенствованию физики, тактики, стратегии, а также помогают сформировать наигранные действия для результативности во время игры. Примером является полноценная отработка игровых элементов в условиях имитации сопротивления соперника.

Современное состояние видов спорта включает следующие факторы: применение в тренировочном процессе специализированного инвентаря; работа с каждым спортсменом и учет его физического развития; контроль восстановительных мероприятий для профилактики заболеваний; контроль динамики результатов путем проведения специальных тестирований и медицинских осмотров.

В процессе тренировочного процесса также учитываются индивидуальные качества и возможности каждого игрока на площадке. Основным фактором считается физическое развитие, которое развивается совместно со стрессоустойчивостью.

Для демонстрации практической реализации описанных методик представлена примерная тренировочная программа, рассчитанная на один учебный семестр. Программа включает в себя три основных блока: общеразвивающие упражнения, специализированные упражнения для волейболистов и элементы игровой подготовки [3].

В ходе тренировочного процесса у волейболистов существует несколько блоков упражнений. Выделим основные из них.

Во-первых, комплекс стандартных упражнений. Данный блок нацелен на увеличение показателей общей физической подготовки у спортсменов. К данному блоку относятся: разминка (бег трусцой, упражнения на развитие гибкости), бег на короткие дистанции с минимальными паузами, упражнения для развития взрывной силы.

Во-вторых, это специализированные упражнения. Данный комплекс упражнений состоит из приседаний, выпадов, прыжков на месте, координационных элементов (полусфера, степ-аэробика), упражнений с мячом для развития реакции.

В-третьих, игровая двигательная активность. Воссоздание игровых эпизодов помогает развить технико-тактические элементы и командную игру. В данный набор входят следующие упражнения:

а) отработка приемов и передачи мяча в процессе игры;

б) игровые упражнения с отработкой атакующих и защитных действий;

в) набор упражнений на развитие мгновенного перехода от обороны к атаке.

Тренировочная программа представляет собой организацию четырех занятий в неделю с интервальной сменой блоков для полноценного развития физических качеств. Разработка данной программы способствует за кратчайшие сроки понаблюдать за положительными преобразованиями показателей силы, выносливости и координации. На данном этапе функционирует большое количество направлений для перспективного развития способов подготовки волейболистов. Это касается как спорта высших достижений, так и студенческого. Выделим основных из них.

• Использование современных технологий, включающих приборы для контроля движения, биометрические датчики, а также специальное программное обеспечение, позволяет формировать индивидуальные тренировочные программы для спортсменов с различной степенью физической подготовки.

• Разработка новаторских методик или тесное сотрудничество разных направлений для исследования влияния различных видов нагрузки на физиологические и биомеханические показатели организма.

• Эффективность тренерского штаба в работе с командой во многом определяется систематическим развитием профессиональных навыков: прохождением обучения, участием в конференциях, семинарах, а также обменом полезной информацией и опытом, что позволяет достичь профессионального уровня для дальнейшего подхода к тренировочному процессу.

Как утверждают отечественные исследователи, «совместная работа преподавателей физической культуры, врачей и педагогов помогает создавать новые программы обучения для спортсменов, учитывающие все аспекты подготовки» [2].

По результатам сравнительного анализа тренировочных программ, указывающих на применение дополнительных упражнений в синтезе с игровыми тренировками, можно добиться задуманных результатов. Силовые нагрузки, интервальные и взрывные тренировки способствуют существенному совершенствованию физических качеств. На практике такой подход повышает общую работоспособность, улучшает технические навыки и снижает травматизм.

Тренировочная программа волейболистов должна сочетать теорию и практику. Новые программы, которые помогают стать быстрее и сильнее, способствуют улучшению подготовки к соревнованиям. Для достижения лучших результатов тренерам необходимо учитывать особенности организма каждого спортсмена и использовать современные методы тренировок.

Эффективная подготовка волейболистов требует сочетания теории и практики. Современные программы, которые направлены на развитие скорости, силы, выносливости и координации, помогают успешно выступать на соревнованиях.

Достижение роста мастерства спортсменов обеспечивают передовые технологии и индивидуальный подход.

Литература

1. Алексеев, С.В. Физическая культура и спорт в Российской Федерации: новые вызовы современности / С.В. Алексеев, Р.Г. Гостев, Ю.Ф. Курамшин, А.В. Лотоненко, Л.И. Лубышева, С.И. Филимонова. – М. : Теория и практика физической культуры и спорта, 2013. – 780 с. – ISBN: 978-5-93512-067-2.

2. Бондарчук, А.П. Периодизация спортивной тренировки / А.П. Бондарчук. – Киев : Олимпийская литература, 2005. – 304 с. – ISBN: 966-7133-78-8.

3. Зациорский В.М. Физические качества спортсмена. Основы теории и методики воспитания : 4-е изд. / В.М. Зациорский. – М. : Спорт, 2019. – С. 200. – ISBN 978-5-907225-01-5.

4. Рыцарева, В.В. Волейбол: теория и практика : учебник для высших учебных заведений физической культуры и спорта / под общ. ред. В.В. Рыцарева. – М. : Спорт, 2016. – 456 с. – ISBN 978-5-9906734-7-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990673472.html.

References

1. Alekseev, S.V. Fizicheskaya kultura i sport v Rossijskoj Federatsii: novye vyzovy sovremennosti / S.V. Alekseev, R.G. Gostev, YU.F. Kuramshin, A.V. Lotonenko, L.I. Lubysheva, S.I. Filimonova. – M. : Teoriya i praktika fizicheskoj kultury i sporta, 2013. – 780 s. – ISBN: 978-5-93512-067-2.

2. Bondarchuk, A.P. Periodizatsiya sportivnoj trenirovki / A.P. Bondarchuk. – Kiev : Olimpijskaya literatura, 2005. – 304 s. – ISBN: 966-7133-78-8.

3. Zatsiorskij V.M. Fizicheskie kachestva sportsmena. Osnovy teorii i metodiki vospitaniya : 4-e izd. / V.M. Zatsiorskij. – M. : Sport, 2019. – S. 200. – ISBN 978-5-907225-01-5.

4. Rytsareva, V.V. Volejbol: teoriya i praktika : uchebnik dlya vysshikh uchebnykh zavedenij fizicheskoj kultury i sporta / pod obshch. red. V.V. Rytsareva. – M. : Sport, 2016. – 456 s. – ISBN 978-5-9906734-7-2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785990673472.html.

© Н.Н. Рузайкина, М.А. Ермолаева, Е.А. Шуняева, 2026

УДК 372.851(045)

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ НЕСТАНДАРТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

А.С. САЛЬНИКОВА, Л.С. КАПКАЕВА, К.С. ЛАПИН

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева», г. Саранск

Ключевые слова и фразы: исследовательские умения; нестандартная математическая задача; типология нестандартных задач; эвристические математические задачи; исследовательские задачи; олимпиадные задачи.

Аннотация: Цель исследования – теоретическое обоснование и экспериментальная проверка методики формирования исследовательских умений старшеклассников при обучении решению нестандартных математических задач в рамках современного урока. В статье выделены специальные исследовательские умения, которые могут использоваться при поиске решения нестандартных математических задач. Разработаны типы задач, соответствующие трем уровням нестандартности: эвристические, исследовательские, олимпиадные. Каждый тип задач направлен на формирование определенного вида исследовательских умений и может быть интегрирован в современный урок математики. В статье приведены примеры задач каждого типа и даны рекомендации учителю по составлению системы таких задач для использования их в учебном процессе. Также представлены результаты педагогического эксперимента, которые подтвердили эффективное влияние разработанной методики на формирование выделенных исследовательских умений.

Для исследования были использованы следующие методы: теоретический анализ научно-методической литературы, систематизация и обобщение научно-методических исследований, педагогическое проектирование, количественный и качественный анализ результатов педагогического эксперимента.

Современное образование смещает акцент с простой передачи знаний на развитие критически мыслящей и творческой личности. Выпускник школы должен не только усваивать информацию, но и самостоятельно анализировать реальные проблемы, формулировать гипотезы и находить неочевидные решения. Ключевым инструментом для развития этих качеств выступает формирование исследовательских умений обучающихся [2]. Эффективной средой для этого процесса является обучение решению нестандартных математических задач, которые учат школьника алгоритму исследования: от анализа условия и выдвижения предположений до построения логичных доказательств и обоснованных выводов.

В федеральном государственном образовательном стандарте среднего общего образования (**ФГОС СОО**) установлены как личностные и метапредметные, так и предметные результаты освоения математики на углубленном уровне. В рамках настоящего исследования предметные результаты представляют особый интерес, что обуславливает необходимость их детального рассмотрения.

В процессе изучения математики на углубленном уровне у выпускника школы должны быть сформированы умения доказывать теоремы и находить нестандартные решения задач, строить математические модели реальных ситуаций и исследовать их средствами математики, характеризовать и анализировать поведение функций, исследовать случайные величины по их распределению. Эти результаты освоения

учебной программы обосновывают важность формирования исследовательских умений в обучении математике, а также подчеркивают необходимость внедрения нестандартных математических задач в образовательный процесс. Постановка проблемы, выдвижение гипотезы, построение доказательства, формулирование выводов – этапы, составляющие структуру исследовательской деятельности, которые также составляют план решения нестандартной математической задачи.

Более того, сегодня одним из ключевых направлений школьного математического образования является олимпиадное движение, которое активно развивается в рамках национального проекта России «Молодежь и дети», который стартовал в 2025 г. Ключевой задачей этого проекта является разработка новых методик обучения талантливых детей и молодежи. Успешное участие обучающихся в предметных олимпиадах влияет на дополнительные баллы при поступлении в вузы, на рейтинг учителя и образовательного учреждения.

Одной из методических проблем, порождаемых трендами в образовании, является поиск эффективных механизмов формирования исследовательских умений, необходимых при решении нестандартных математических задач, в условиях школьного учебного процесса. Сегодня чаще реализуется практика решения нестандартных математических задач вне школьного урока: на кружковых и факультативных занятиях [1]. Возникает вопрос о возможности внедрения нестандартных задач в школьную программу и, как следствие, формирования исследовательских умений для их решения. Эта проблема актуальна для всех участников образовательного процесса: школы, учителя, учеников и родителей.

Понятие нестандартной математической задачи абсолютно противоположно понятию стандартной задачи, для решения которой используются готовые правила, то есть существует известный алгоритм решения в курсе математики либо он явно строится на основе теоретического программного минимума.

Нестандартная математическая задача – это проблемная ситуация, план решения которой является для обучающегося скрытым, то есть не вытекающим явно из изученного, требуемый метод решения не является частью планируемого содержания обучения. Этим обусловлен главный дидактический потенциал нестандартной математической задачи: необходимость выхода за рамки репродуктивной деятельности и использования исследовательских умений для творческого построения оригинального алгоритма решения задачи.

Сегодня в методической науке не существует единой классификации нестандартных математических задач из-за их большого многообразия. В литературе они делятся:

– по способам решения: логические, комбинаторные, задачи на инварианты и полуинварианты, задачи на принцип Дирихле, задачи на применение теории графов, игровые задачи;

– по содержанию и форме: текстовые задачи, геометрические задачи, задачи с целыми числами;

– по уровню требований: задачи, примыкающие к школьному курсу, олимпиадные, исследовательские [5; 8].

Главный недостаток рассмотренных классификаций – игнорирование инструментария, который позволяет школьнику «подобрать ключ» к решению нестандартной задачи. Формирование исследовательских умений и их активное использование при решении нестандартных математических задач позволяет ученику перейти из состояния неуверенности перед новизной в состояние успешного самостоятельного поиска неочевидных решений [3].

Выделяют общие и специальные исследовательские умения. К первому типу относят исследовательские умения, необходимые для осуществления исследовательской деятельности в любой предметной области. В отличие от общих, специальные исследовательские умения неотделимы от контекста отдельной предметной области. Их содержание и применение определяются особенностями ее объектов изучения, концептуального языка и исследовательских подходов [7].

Для корректного представления классификации нестандартных задач по видам исследовательских умений были выделены группы специальных исследовательских умений, необходимых для решения каждого типа нестандартных математических задач, а именно:

– умения работать с условием задачи: выявлять существенные свойства понятий и объектов, данных в условии, видоизменять условие задачи, выявлять избыточные и недостаточные данные;

– умения подбирать способ решения на основе анализа данных в условии задачи и име-

ющегося опыта: подбирать теоретический базис решения, проводить аналогии решений подобных задач;

– умения реализовывать логическое решение задачи: обоснованно выполнять каждое последовательное действие в процессе решения, конструировать решение с учетом ограничений данных в задаче, выдвигать и проверять гипотезы решения задачи в частных случаях и обобщать их на все возможные случаи (например, при использовании метода математической индукции);

– умения формулировать выводы по каждому рассмотренному случаю в решении задачи, если их несколько (например, в задачах с параметром или в «открытых» геометрических задачах);

– умения проводить оценку, рефлексию полученного решения задачи: проверять полноту решения, достаточность доказательств, выделять основные характеристики решения задачи с целью построения аналогий при дальнейшем решении подобных нестандартных задач.

Таким образом, нестандартные математические задачи можно разделить по уровням нестандартности в соответствии с применением в решении выделенных исследовательских умений.

Первый уровень – эвристические задачи – это задачи, определение стратегии решения которых неочевидно, их план решения не является стандартным, но с помощью специальных исследовательских умений в процессе работы с условием задачи и подбора способа решения преобразуется к уже известному алгоритму (1 и 2 группы умений).

Второй уровень – исследовательские задачи – это задачи, содержащие затруднение, преодоление которого требует от ученика полного или частичного осуществления этапов исследовательской деятельности: побуждает к проведению рассуждений индуктивного и дедуктивного характера с помощью методов научного познания, к формулированию гипотез с последующей их проверкой [6]. Для решения исследовательских задач необходимо использовать не только выделенные умения первых двух групп, но и умения реализовывать логическое решение задачи, формулировать выводы по каждому рассмотренному случаю, проводить оценку и рефлексию полученного решения, то есть все группы умений.

Третий уровень – олимпиадные задачи – это задачи, содержащие затруднение, которое часто не поддается стандартной схеме исследования. Для построения плана решения необходимо проявить гибкость ума и креативность мышления. В контексте такого определения можно рассмотреть два вида олимпиадных задач:

– задачи, требующие использования всех выделенных исследовательских умений в нестандартной форме, то есть выдвигать гипотезы, строить решение или доказательство в оригинальном ключе (чаще встречаются на технических уровневых олимпиадах по математике);

– задачи, которые не требуют использования исследовательских умений, для их решения достаточно проявить нестандартную догадку, математическое чутье и креативность (чаще встречаются на всероссийской олимпиаде школьников и на математических конкурсах).

При формировании исследовательских умений старшеклассников на уроках математики целесообразно использовать первый тип олимпиадных задач, так как он представляется более посильным для обучения решению.

Примеры нестандартных математических задач согласно выделенной типологии представлены в табл. 1.

Из представленных примеров нестандартных математических задач можно составить списки задач для учебных занятий по теме: «Тригонометрические уравнения с параметром» и «Введение вспомогательной окружности». Задачи первых двух типов будут полезны при подготовке к профильному экзамену по математике. Задачи третьего типа дают представление об олимпиадных задачах по данным темам.

Рассмотренные примеры позволяют выделить некоторые особенности формулировок задач каждого уровня нестандартности. Установив определенные характеристики текста задачи, можно отнести ее к первому, второму или третьему типу. Такие особенности надо знать учителю математики при конструировании систем нестандартных задач (подборок задач) по определенной теме для учебного занятия. Особенности отражены в табл. 2.

Представленные типы нестандартных математических задач позволяют систематизировать их использование в формировании исследовательских умений в учебном процессе. Каждый тип задач способствует формированию опре-

Таблица 1. Примеры основных типов нестандартных математических задач

№ п/п	Типы нестандартных задач	Задачи по теме «Тригонометрические уравнения»	Задачи по теме «Вспомогательная окружность»
1	Эвристические (первый уровень нестандартности)	Решите уравнение: $\left(\frac{7}{4} - 2\cos 2x\right)\lvert 2\cos 2x + 1\rvert = \cos x\left(\cos x - \cos 5x\right)$. Нестандартность задачи заключается в подборе формул для приведения уравнения к стандартному методу замены переменной	В четырехугольнике $ABCD$ длины сторон AB и BC равны 1, $\angle B = 100°$, $\angle D = 130°$. Найдите BD. Нестандартность задачи заключается в том, что необходимо построить окружность с центром в точке B и радиусом 1. После задача приводится к стандартному виду
2	Исследовательские (второй уровень нестандартности)	Найдите все значения параметра p, при каждом из которых данное уравнение имеет единственный корень: $36 \cdot \sin\left(\arcsin\frac{x}{36}\right) = \frac{(x-p)^2}{4}$. Нестандартность задачи заключается в исследовании уравнения на количество решений относительно всех возможных значений параметра p и в выборе графического метода решения задачи	В остроугольном треугольнике ABC проведены высоты AK и CM. В треугольнике MKC из вершины K опущена высота KH на сторону MC. Аналогично, в треугольнике KMA из вершины M опущена высота ME на сторону AK. Докажите, что $EH \parallel AC$. Нестандартность задачи заключается в построении доказательства с опорой на описанные окружности около четырехугольников $MEHK$ и $AMKC$
3	Олимпиадные (требующие использования всех выделенных исследовательских умений)	Очный этап олимпиады «Физтех-2024», 11 класс. Найдите все значения параметра p, при которых уравнение $p\cos 3x + 3(p+4)\cos x = 6\cos 2x + 10$ имеет хотя бы одно решение. Решите это уравнение при всех таких значениях p. Нестандартность задачи заключается в исследовании значения $\cos x$, которое выражено через p, в границах существования тригонометрической функции	1 тур (отборочный) олимпиады «Шаг в будущее», 2020 год, 11 класс. Основание пирамиды $TABCD$ – n равнобедренная трапеция $ABCD$, ее средняя линия равна $5\sqrt{3}$. Средняя линия трапеции $ABCD$ делит ее площадь в отношении 7 : 13. Боковые грани пирамиды наклонены к плоскости основания под углом 30°. Найдите объем пирамиды $TAKND$, где K и N – середины TB и TC соответственно, AD – большее основание трапеции $ABCD$. Нестандартность задачи заключается в необходимости использовать вписанную в трапецию $ABCD$ окружность

Таблица 2. Особенности формулировок нестандартных математических задач каждого типа

№ п/п	Тип нестандартной задачи	Особенности формулировки задачи
1	Эвристические	Условие и требование задачи похоже на стандартное, либо можно подобрать одно или два знакомых преобразования, чтобы преобразовать задачу к стандартному виду
3	Исследовательские	К ним относятся: задачи с параметром; задачи на доказательство, план построения которого опирается не только на исходные данные или известные из школьного курса утверждения; многовариантные задачи, требующие рассмотрения нескольких случаев решения; задачи на доказательство методом математической индукции
3	Олимпиадные	Задачи, формулировки которых можно найти в сборниках уровневых олимпиад. При анализе условия и требования задачи трудно подобрать комбинации известных теоретических фактов для построения решения

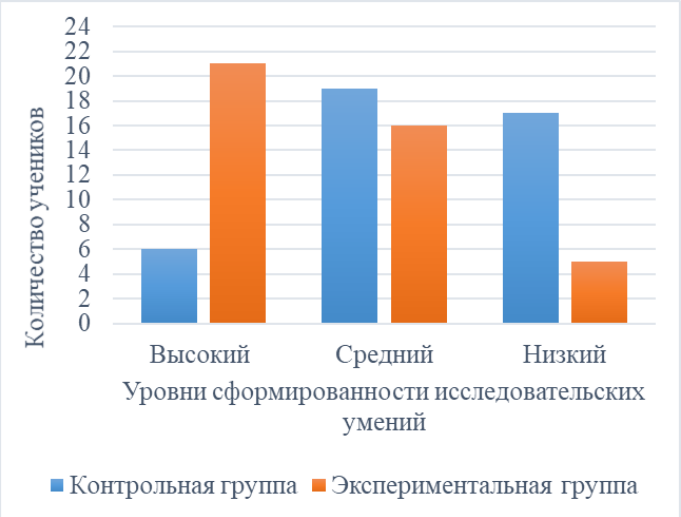

Рис. 1. Уровни сформированности исследовательских умений после проведения эксперимента

деленного вида исследовательских умений и может быть интегрирован в современный урок обобщения и систематизации знаний по определенным темам школьного курса математики.

Целесообразно предлагать старшеклассникам систему задач, объеденных одной темой, состоящую из одной или двух эвристических задач, одной исследовательской задачи и одной олимпиадной. Эвристические задачи должны быть направлены на идентификацию знаний по только что изученной теме в нестандартной ситуации, а исследовательские и олимпиадные задачи – на использование нового знания при анализе нестандартной ситуации. Предполагается, что такая методика обучения решению нестандартных математических задач будет способствовать формированию специальных исследовательских умений.

Для подтверждения этого предположения был проведен педагогический эксперимент в 10-х классах МОУ «Лицей № 4» г.о. Саранск Республики Мордовия (42 человека, контрольная группа) и в Государственном бюджетном нетиповом общеобразовательном учреждении Пензенской области «Губернский лицей» (42 человека, экспериментальная группа).

На протяжении изучения блока «Тригонометрия» в 10-м классе учитель Губернского лицея предлагал подборки нестандартных задач на уроках согласно представленной классификации. В «Лицее № 4» г.о. Саранск обучение решению нестандартных математических задач осуществлялось по классической схеме: рассматривались все возможные нестандартные задачи из учебника в произвольном порядке, также учитель предлагал для решения некоторые олимпиадные тригонометрические задачи. По завершении изучения блока ученикам предлагалась контрольная работа, состоящая из нестандартных задач по тригонометрии для оценки уровня сформированности исследовательских умений (Методика оценки уровня сформированности исследовательских умений описана в нашей статье [4]).

Для оценки уровня сформированности каждого исследовательского умения школьникам предлагалась контрольная работа (на 3 часа), состоящая из 7 нестандартных задач по тригонометрии: 4 – эвристические, 2 – исследовательские и 1 – олимпиадная. Типы нестандартных задач были представлены не по порядку сложности. Для объективности эксперимента каждая задача оценивалась в 3 балла, чтобы ученик мог выбрать те задачи, которые, на его взгляд, посильны для решения.

Таким образом, если ученик набрал 17–21 балл, то выделенные исследовательские умения сформированы у него на высоком уровне, 12–16 баллов соответствуют среднему уровню, а 0–11 баллов – низкому уровню сформированности исследовательских умений.

В результате эксперимента получены следующие данные (рис. 1).

В экспериментальной группе доля учащихся с высоким уровнем составила 50 % (21 человек из 42), в контрольной – 14 % (6 человек из

42). Низкий уровень зафиксирован у 12 % (5 человек) учащихся экспериментальной группы и у 40 % (17 человек) контрольной. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение предложенной методики включения нестандартных задач в учебный процесс способствует более успешному формированию исследовательских умений у обучающихся.

Таким образом, нестандартные задачи, представленные в системе согласно вышеизложенной типологии, могут быть интегрированы в учебный процесс с целью эффективного формирования исследовательских умений, необходимых для их решения. Такая методика обучения старшеклассников решению нестандартных математических задач способствует как осуществлению требований ФГОС среднего общего образования, так и организации подготовки школьников к олимпиадам разного уровня непосредственно на уроках.

Литература

1. Григоренко, О.В. Нестандартные задачи в компетентностном обучении математике / О.В. Григоренко, И.Б. Шмигирилова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. – 2017. – № 2. – С. 80–87.

2. Дорофеев, С.Н. Задачи на доказательство методом «от противного» как средство формирования у обучающихся познавательных мотивов / С.Н. Дорофеев // Учебный эксперимент в образовании. – 2024. – № 3(111). – С. 73–79.

3. Капкаева, Л.С. Межпредметные задачи как средство развития познавательной самостоятельности школьников в процессе обучения математике / Л.С. Капкаева, Т.А. Иванова, Ю.А. Пивкина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2026. – № 1(196). – С. 81–85.

4. Капкаева, Л.С. Оценка уровня сформированности исследовательских умений старшеклассников в процессе решения нестандартных математических задач / Л.С. Капкаева, А.С. Сальникова // Современные наукоемкие технологии. – 2026. – № 1. – С. 106–115.

5. Лавлинскова, Е.Ю. Методика работы с задачами повышенной трудности в начальной школе / Е.Ю. Лавлинскова. – Волгоград : Панорама, 2006. – 111 с.

6. Паршина, Т.Ю. Исследовательские задачи в обучении алгебре в общеобразовательной школе / Т.Ю. Паршина // Наука и перспективы. – 2018. – № 3. – С. 60–65.

7. Стефанова, Н.Л. Проблема развития исследовательских умений учащихся с позиции метаметодического подхода / Н.Л. Стефанова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2002. – Т. 2. – № 3. – С. 167–175.

8. Фарков, А.В. Математические олимпиады для школьников: муниципальный этап. 5–11 классы : 4-е изд., перераб. и доп. / А.В. Фарков. – М. : Илекса, 2022. – 208 с.

References

1. Grigorenko, O.V. Nestandartnye zadachi v kompetentnostnom obuchenii matematike / O.V. Grigorenko, I.B. SHmigirilova // Vestnik Baltijskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Filologiya, pedagogika, psikhologiya. – 2017. – № 2. – S. 80–87.

2. Dorofeev, S.N. Zadachi na dokazatelstvo metodom «ot protivnogo» kak sredstvo formirovaniya u obuchayushchikhsya poznavatelnykh motivov / S.N. Dorofeev // Uchebnij eksperiment v obrazovanii. – 2024. – № 3(111). – S. 73–79.

3. Kapkaeva, L.S. Mezhpredmetnye zadachi kak sredstvo razvitiya poznavatelnoj samostoyatelnosti shkolnikov v protsesse obucheniya matematike / L.S. Kapkaeva, T.A. Ivanova, YU.A. Pivkina // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2026. – № 1(196). – S. 81–85.

4. Kapkaeva, L.S. Otsenka urovnya sformirovannosti issledovatelskikh umenij starsheklassnikov v protsesse resheniya nestandartnykh matematicheskikh zadach / L.S. Kapkaeva, A.S. Salnikova // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2026. – № 1. – S. 106–115.

5. Lavlinskova, E.YU. Metodika raboty s zadachami povyshennoj trudnosti v nachalnoj shkole / E.YU. Lavlinskova. – Volgograd : Panorama, 2006. – 111 s.

6. Parshina, T.YU. Issledovatelskie zadachi v obuchenii algebre v obshcheobrazovatelnoj shkole / T.YU. Parshina // Nauka i perspektivy. – 2018. – № 3. – S. 60–65.

7. Stefanova, N.L. Problema razvitiya issledovatelskikh umenij uchashchikhsya s pozitsii metametodicheskogo podkhoda / N.L. Stefanova // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena. – 2002. – T. 2. – № 3. – S. 167–175.

8. Farkov, A.V. Matematicheskie olimpiady dlya shkolnikov: munitsipalnij etap. 5–11 klassy : 4-e izd., pererab. i dop. / A.V. Farkov. – M. : Ileksa, 2022. – 208 s.

© А.С. Сальникова, Л.С. Капкаева, К.С. Лапин, 2026

УДК 005.95:378.4

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

А.А. КУЛАНОВА, А.В. СУРИНА

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова и фразы: развитие персонала; цифровая трансформация; образовательная организация; индекс качества; компетентностный разрыв; индекс цифровой вовлеченности; *VUCA*-среда; метод анализа иерархий.

Аннотация: Цель исследования – разработка комплексной, воспроизводимой и теоретически обоснованной системы показателей для оценки качества развития персонала университетов в условиях цифровой трансформации и *VUCA*-среды. Задачи: концептуализация предмета оценки; структурная декомпозиция системы управления развитием персонала; формирование и операционализация пула показателей; установление весовых коэффициентов методом анализа иерархий; разработка инструментов глубинной диагностики; нормирование и построение оценочных шкал; создание организационного регламента. Гипотеза основана на предположении, что интегральный индекс, агрегирующий показатели по четырем блокам (стратегический, процессный, компетентностный, результативный), в сочетании с дополнительными диагностическими инструментами (матрица зрелости, карта компетентностных разрывов, индекс цифровой вовлеченности, профиль адаптивного потенциала) позволяет не только констатировать текущее состояние, но и выявлять природу управленческих разрывов и прогнозировать устойчивость системы. Методы: структурно-функциональная декомпозиция, метод анализа иерархий Т. Саати, линейное масштабирование, экспертное позиционирование, анализ логов, документальный анализ, опросные методы. Результаты: предложен семиэтапный алгоритм построения оценочной методики; сконструирован интегральный индекс ИКУРП, включающий 40 базовых показателей с весами, полученными от 22 экспертов; разработан ансамбль взаимосвязанных диагностических инструментов; введена система контрольных точек, предотвращающая «ложное благополучие». Научная новизна заключается в системной интеграции количественных и качественных инструментов, а также во введении конструктов цифровой вовлеченности и адаптивного потенциала применительно к управлению персоналом университета.

Актуальность настоящего исследования обусловлена ускоряющейся цифровой трансформацией высшего образования, радикально изменяющей требования к компетенциям работников, и нарастающей турбулентностью внешней среды (*VUCA*). Традиционные системы оценки персонала, ориентированные на формальные показатели (объем средств на обучение, доля прошедших курсы), не позволяют объективно оценить реальное приращение человеческого капитала. Современный университет как сложная социотехническая система погружен в *VUCA*-пространство, где на смену статичным квалификационным справочникам приходят динамичные компетентностные профили, а формальный охват обучением уступает место оценке реального переноса цифровых навыков [1; 2]. Однако практика управления персоналом в российских вузах по-прежнему опирается на фрагментированные показатели, не дающие ответа о необратимом приращении организационных способностей [3; 4].

В дискуссии о сущности компетентностного подхода сложились две парадигмы: по-

Таблица 1. Принципы построения методики и их операциональные следствия

Принцип	Содержание принципа	Операциональное следствие для методики	Риск нарушения
Системность	Рассмотрение управления развитием персонала как целостной системы взаимосвязанных процессов	Включение показателей межпроцессной согласованности; оценка синергетических эффектов	Фрагментированность оценки, упущение системных эффектов
Ориентированность на цифровую трансформацию	Учет цифровых компетенций и цифровых инструментов управления как ключевых объектов оценки	Выделение самостоятельного блока цифровых метрик; оценка глубины интеграции цифровых инструментов	Устаревание методики, нерелевантность в условиях цифровизации
Практическая применимость	Реализуемость методики в условиях реальных организационных ограничений	Опора на доступные источники данных; разумный объем показателей; понятные процедуры	Невозможность применения на практике, формализм
Учет *VUCA*-среды	Встроенная адаптивность оценочной системы к изменениям внешней среды	Включение показателей адаптивного потенциала; динамическая (мониторинговая) функция методики	Быстрое устаревание результатов, ложные выводы в турбулентных условиях

веденческая (североамериканская) и знаниевая (европейская). Данная работа основывается на постулате, что для эффективной деятельности необходимы критерии описания качеств личности работника, а использование корпоративных компетенций обеспечивает рост производительности труда [10]. Компетентностный подход акцентирует поведенческие аспекты, формирует возможности концентрации на знаниях и умениях, способствует созданию интегрированной системы управления персоналом. Методологическая лакуна порождает риск имитационной активности, когда высокая отчетность по обучению соседствует с низкой цифровой вовлеченностью. Цель исследования – разработка комплексной, воспроизводимой системы показателей для оценки качества развития персонала образовательной организации в условиях цифровой трансформации [5; 6]. Основное ограничение: методика не самодостаточна в отрыве от стратегического контекста.

Методология исследования. Наша работа базируется на принципе инструментальной множественности: количественные данные дополняются качественными профилями, объективные логи активности – субъективными оценками переноса навыков. Разработка методики подчинялась строгому семиэтапному алгоритму.

Первый этап – концептуализация предмета оценки. Качество управления развитием персонала (**УРП**) определено как способность системы обеспечивать опережающее развитие сотрудников и устойчивость в условиях неопределенности. Корректное применение требует наличия цифрового двойника организации или единого контура *HR*-данных [7]. Операциональные принципы представлены в табл. 1.

Второй этап – структурная декомпозиция по циклу Деминга – Шухарта (*Plan-Do-Check-Act*). Архитектура методики разложена на четыре блока: стратегический (целеполагание), процессный (*HR*-практики), компетентностный (человеческий капитал), результативный (эффекты).

Третий этап – формирование первичного пула показателей и операционализация. Первичный массив насчитывал >50 индикаторов; после операционализации оставлено 40 базовых показателей. Фрагмент системы – в табл. 2.

Четвертый этап – установление весов методом анализа иерархий Т. Саати. В экспертизе участвовали 22 респондента. Наибольший вес (0,30) присвоен процессному блоку, наименьший (0,20) – результативному. Веса представлены в табл. 3 [3].

Пятый этап – разработка аналитических инструментов глубинной диагностики: матрица зрелости, карта компетентностных разрывов, индекс цифровой вовлеченности (**ИЦВП**), про-

Таблица 2. Фрагмент системы базовых показателей метрической модели ИКУРП

Блок	Субблок	Показатель	Метод измерения	Единица измерения
Стратегический	Стратегическое выравнивание	Наличие кадровой стратегии как самостоятельного документа	Документальный анализ	Балл (0–3)
Процессный	Обучение и развитие	Доля адаптивных форматов в общем объеме обучения	Анализ программ	%
Компетентностный	Цифровые компетенции	Доля активных пользователей *LMS* от числа зарегистрированных	Анализ логов	%
Результативный	Адаптивный потенциал	Скорость перехода к новым форматам деятельности при внешних шоках	Ретроспективный анализ	Дней

Таблица 3. Весовые коэффициенты блоков метрической модели

Блок	Вес блока	Ключевые субблоки (вес в блоке)	Итоговый вес в ИКУРП
Стратегический	0,25	Стратег. выравнивание (0,35)	0,088
Процессный	0,30	Обучение и развитие (0,35)	0,105
Компетентностный	0,25	Цифровые компетенции (0,40)	0,100
Результативный	0,20	Инновационная результативность (0,30)	0,060

филь адаптивного потенциала.

Шестой этап – нормирование. Формула линейного масштабирования:

$$Pnorm = (Pfact – Pmin)/(Pmax – Pmin).$$

Выбор линейного метода обоснован прозрачностью и сохранением пропорций [9].

Седьмой этап – разработка организационного регламента (состав оценочной группы, регламент сбора данных, формат отчета).

Результаты. Центральный элемент – интегральный индекс качества управления развитием персонала (**ИКУРП**), рассчитываемый как средневзвешенное агрегирование нормированных субблоковых оценок. ИКУРП не самодостаточен, его интерпретация требует обращения к дополнительным инструментам.

Матрица зрелости управленческих практик охватывает восемь ключевых практик с четырьмя уровнями зрелости (от реактивного до оптимизирующего).

Карта компетентностных разрывов – центральный инструмент компетентностного блока. Поведенческая концепция использует термин «компетенция» через организационную культуру; бихевиористский подход развивает поведенческие навыки, функциональная (европейская) трактовка базируется на системе знаний [10]. Построение карты включает: формирование целевого профиля, оценку фактического уровня, расчет разрыва, категоризацию. Горизонт устранения – от 3 до >12 месяцев. Данные карты входят в субблоки К2 и К3 [5; 7].

Индекс цифровой вовлеченности персонала (**ИЦВП**) разрушает иллюзию формального охвата. В крупных университетах до 40 % зачисленных на цифровое обучение не усваивают материал [7]. ИЦВП конструируется из четырех субиндексов: активность использования инструментов, качество освоения контента, перенос в практику, вовлеченность в цифровые

коммуникации. Расчет – средневзвешенное 11 индикаторов. Дифференциация по категориям персонала выявляет асимметрию цифровой культуры [9].

Профиль адаптивного потенциала – методологически новый инструмент. В условиях *VUCA* способность сохранять направленное развитие при шоках становится базовым требованием. Компетентностный подход создает синергию между производственной деятельностью, образованием и обучением [10]. Профиль включает пять измерений: стратегическая гибкость, операционная реактивность, институциональная память, психологическая готовность, цифровая адаптивность.

Итоговый профиль – пятиугольная радарная диаграмма; площадь фигуры – интегральный индикатор. Адаптивный потенциал – ключевой фактор выживания университетов [6; 10].

Система контрольных точек предотвращает компенсацию критических провалов высокими оценками по другим направлениям. Пример: доля должностных профилей с цифровыми компетенциями не менее 50 %. Нарушение хотя бы одной точки автоматически присваивает системе статус «требует немедленного вмешательства». Шкала зрелости связывает числовые значения ИКУРП с содержательными характеристиками – от начального (0,00–0,40) до трансформирующего (0,86–1,00).

Обсуждение результатов. Интеграция всех перечисленных инструментов – ИКУРП, матрицы зрелости, карты разрывов, ИЦВП и профиля адаптивного потенциала – образует не механическую совокупность, а систему с внутренними перекрестными связями. Например, данные логов активности (субиндекс ИЦВП-1) используются не только для расчета ИЦВП, но и для верификации самооценочных данных карты разрывов по цифровым компетенциям: если сотрудник декларирует высокий уровень владения, но его активность в *LMS* близка к нулю, мы фиксируем методологический сигнал о возможной «латентной некомпетентности». Аналогично, уровень зрелости практики «управление изменениями» входит в измерение стратегической гибкости профиля адаптивного потенциала. Такая архитектура позволяет избежать двух типичных ошибок: «иллюзии точности» (когда изолированный количественный показатель воспринимается как истина) и «аналитического паралича» (когда из-за избытка разнородных данных не принимается никакое решение).

В современных условиях компетенции становятся основой, на которой строится вся система управления персоналом, позволяющая согласовать стратегию развития организации, процессы управления персоналом и основное внимание уделять их качественной проработке для каждой конкретной организации [10].

В ходе апробации на базе двух пилотных университетов (детали не приводятся ввиду ограниченного объема) мы столкнулись с рядом методологических вызовов. Первый – техническая сложность консолидации данных из разрозненных систем (*LMS*, 1С, электронная почта, системы управления проектами). Без хотя бы минимального уровня цифровой зрелости самой организации применение методики становится крайне трудоемким, хотя и не невозможным – отдельные показатели могут собираться вручную, но это снижает частоту оценки. Второй вызов – сопротивление руководителей среднего звена, которые воспринимают диагностику как ревизию, а не как инструмент развития. Мы смягчили эту проблему, включив в регламент обязательную обратную связь: по каждому подразделению формируется анонимизированный отчет с рекомендациями, и данные не передаются в дирекцию по персоналу без согласования с самим подразделением. Третий вызов – риск субъективизма при экспертной оценке (например, для показателя «качество управления данными и цифровыми активами»). Для его минимизации мы ввели процедуру независимого двойного оценивания и согласительного совещания при расхождении более чем в 1 балл по 5-балльной шкале.

Сравнение нашей методики с известными зарубежными аналогами (например, моделями зрелости *HRM* или компетентностными подходами в рамках международных стандартов) показывает ее преимущество в учете российской специфики управления образовательными организациями, заключающейся в высокой роли государственного задания, смешанном финансировании и особом статусе научно-педагогических работников, одновременно являющихся и объектами *HR*-процессов, и их субъектами как носителями академической свободы [1; 6]. В моделях, ориентированных на бизнес, адаптивный потенциал часто сводится к гибкости операционных процессов, упуская психологический компонент – готовность персонала к изменениям, который в российских вузах нередко оказывается основным барьером [8; 10].

В настоящей статье представлены разработка и теоретическое обоснование системы показателей для оценки качества развития персонала образовательных организаций в условиях цифровой трансформации. Основные научные результаты заключаются в следующем. Во-первых, предложен семиэтапный алгоритм построения оценочной методики, который может быть воспроизведен для любых организаций социальной сферы. Во-вторых, сконструирован интегральный индекс ИКУРП, включающий 40 базовых показателей с весами, полученными методом анализа иерархий. В-третьих, разработан ансамбль взаимосвязанных диагностических инструментов (матрица зрелости, карта компетентностных разрывов, ИЦВП, профиль адаптивного потенциала), позволяющий перейти от констатации состояния к выявлению причинно-следственных связей и прогнозированию устойчивости. В-четвертых, введена система контрольных точек, предотвращающая ситуацию, когда высокие значения одних показателей маскируют критические провалы по другим.

Практическая значимость работы заключается в том, что руководители университетов получают готовый, воспроизводимый инструмент для выявления слабых мест, обоснования инвестиций в обучение и сравнения подразделений. Научная новизна состоит не в отдельных показателях (многие из них известны), а в их системной интеграции и во введении новых конструктов – прежде всего, ИЦВП и профиля адаптивного потенциала. К ограничениям методики следует отнести ее зависимость от уровня цифровой зрелости самой организации (при отсутствии *LMS* и *HR*-системы часть показателей становится недоступной) и необходимость обучения персонала, проводящего оценку.

Перспективными направлениями дальнейших исследований мы видим автоматизацию расчетов в рамках цифрового двойника университета, адаптацию методики для среднего профессионального образования, а также разработку бенчмаркинговой базы для сравнения вузов по значению ИКУРП.

Литература

1. Абросимова, Е.Е. Студенты и цифровизация высшего образования: социологический анализ / Е.Е. Абросимова // Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2023. – № 4(67) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/studenty-i-tsifrovizatsiya-vysshego-obrazovaniya-sotsiologicheskiy-analiz.

2. Мордовец, В.А. Текущее состояние и перспективы обеспечения современного вуза человеческими ресурсами / В.А. Мордовец, Д.В. Круглов, А.В. Новоселов // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/tekuschee-sostoyanie-i-perspektivy-obespecheniya-sovremennogo-vuza-chelovecheskimi-resursami.

3. Семенихина Н.Б. Метод анализа иерархий как системный подход к проблеме принятия решений / Н.Б. Семенихина // Дискуссия. – 2023. – № 2(117) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/metod-analiza-ierarhiy-kak-sistemnyy-podhod-k-probleme-prinyatiya-resheniy.

4. Lee, C. Competency Modeling and Training Needs Assessment for Staff Development in Higher Education / Ed. by C. Lee, J.G. Han, S.S.H. Shin // Higher Education – Reflections From the Field. – IntechOpen, 2023. – DOI: 10.5772/intechopen.109812 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.intechopen.com/chapters/86055.

5. Филимонова, И.В. Выбор цифровых образовательных технологий для развития компетенций специалистов по управлению персоналом / И.В. Филимонова // Человеческий капитал. – 2024. – № 12. – С. 195–208 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://elib.fa.ru/art2024/bv2836.pdf.

6. Глухов, В.В. Оценка роли вузов в кадровом обеспечении цифровой экономики региона / В.В. Глухов, А.С. Бянкин, Г.И. Бурдакова // π-Economy. – 2022. – Т. 15. – № 4. – С. 36–48. – DOI: 10.18721/JE.15403 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://economy.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2022/4-2022/03_Gluhov,-Byankin,-Burdakova.pdf.

7. Rana, S. Exploring the challenges and facilitators in the adoption of e-HRM practices in Indian higher education institutions: a qualitative exploration / S. Rana, D. Kaur // International Journal of Organizational Analysis. – 2024. – Vol. 32. – No. 8. – P. 1419–1439. – DOI: 10.1108/IJOA-05-2023-

3745 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOA-05-2023-3745/full/html.

8. Елсуфьева, К.Д. Бережливое управление персоналом в условиях изменчивой VUCA-среды / К.Д. Елсуфьева, А.С. Макекадырова // Лидерство и менеджмент. – 2022. – Т. 9. – № 1. – С. 233–244. – DOI: 10.18334/lim.9.1.114475 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-upravlenie-personalom-v-usloviyah-izmenchivoy-vuca-sredy.

9. Брюхова, О.Ю. Обучение персонала в современной организации: ориентация на цифровизацию / О.Ю. Брюхова, Н.Н. Старцева // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 87–98. – DOI: 10.18334/epp.13.2.117481 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-personala-v-sovremennoy-organizatsii-orientatsiya-na-tsifrovizatsiyu.

10. Мотовиц Т.Г. Компетентностный подход управления персоналом в условиях цифровой экономики / Т.Г. Мотовиц // Вестник ТОГУ. – 2022. – № 2(65) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentnostnyy-podhod-upravleniya-personalom-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki.

References

1. Abrosimova, E.E. Studenty i tsifrovizatsiya vysshego obrazovaniya: sotsiologicheskij analiz / E.E. Abrosimova // Ojkumena. Regionovedcheskie issledovaniya. – 2023. – № 4(67) [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/studenty-i-tsifrovizatsiya-vysshego-obrazovaniya-sotsiologicheskiy-analiz.

2. Mordovets, V.A. Tekushchee sostoyanie i perspektivy obespecheniya sovremennogo vuza chelovecheskimi resursami / V.A. Mordovets, D.V. Kruglov, A.V. Novoselov // Kreativnaya ekonomika. – 2023. – T. 17. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/tekuschee-sostoyanie-i-perspektivy-obespecheniya-sovremennogo-vuza-chelovecheskimi-resursami.

3. Semenikhina N.B. Metod analiza ierarkhij kak sistemnij podkhod k probleme prinyatiya reshenij / N.B. Semenikhina // Diskussiya. – 2023. – № 2(117) [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/metod-analiza-ierarhiy-kak-sistemnyy-podhod-k-probleme-prinyatiya-resheniy.

5. Filimonova, I.V. Vybor tsifrovykh obrazovatelnykh tekhnologij dlya razvitiya kompetentsij spetsialistov po upravleniyu personalom / I.V. Filimonova // CHelovecheskij kapital. – 2024. – № 12. – S. 195–208 [Electronic resource]. – Access mode : http://elib.fa.ru/art2024/bv2836.pdf.

6. Glukhov, V.V. Otsenka roli vuzov v kadrovom obespechenii tsifrovoj ekonomiki regiona / V.V. Glukhov, A.S. Byankin, G.I. Burdakova // π-Economy. – 2022. – T. 15. – № 4. – S. 36–48. – DOI: 10.18721/JE.15403 [Electronic resource]. – Access mode : https://economy.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2022/4-2022/03_Gluhov,-Byankin,-Burdakova.pdf.

8. Elsufeva, K.D. Berezhlivoe upravlenie personalom v usloviyakh izmenchivoj VUCA-sredy / K.D. Elsufeva, A.S. Makekadyrova // Liderstvo i menedzhment. – 2022. – T. 9. – № 1. – S. 233–244. – DOI: 10.18334/lim.9.1.114475 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/berezhlivoe-upravlenie-personalom-v-usloviyah-izmenchivoy-vuca-sredy.

9. Bryukhova, O.YU. Obuchenie personala v sovremennoj organizatsii: orientatsiya na tsifrovizatsiyu / O.YU. Bryukhova, N.N. Startseva // Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo. – 2023. – T. 13. – № 2. – S. 87–98. – DOI: 10.18334/epp.13.2.117481 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-personala-v-sovremennoy-organizatsii-orientatsiya-na-tsifrovizatsiyu.

10. Motovits T.G. Kompetentnostnij podkhod upravleniya personalom v usloviyakh tsifrovoj ekonomiki / T.G. Motovits // Vestnik TOGU. – 2022. – № 2(65) [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentnostnyy-podhod-upravleniya-personalom-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki.

© А.А. Куланова, А.В. Сурина, 2026

УДК 378.1:159.947.5

МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА К ОСВОЕНИЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ

В.Ю. САФОНОВА, П.П. ТИССЕН

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

Ключевые слова и фразы: мотивация студентов; дополнительное профессиональное образование (**ДПО**); безопасность жизнедеятельности; начальная военная подготовка; образовательные потребности.

Аннотация: В статье представлены результаты теоретико-эмпирического исследования мотивации студентов института физической культуры и спорта (**ИФКиС**) к участию в программах дополнительного профессионального образования по безопасности жизнедеятельности и начальной военной подготовке. Актуальность работы обусловлена расширением профессиональных функций педагога, который сегодня все чаще привлекается к реализации внеурочной деятельности по безопасности, проведению военно-патриотических мероприятий и обучению навыкам оказания первой помощи. В обзоре литературы проанализированы современные подходы к изучению образовательных потребностей студентов, факторы мотивации в системе дополнительного образования, а также методики диагностики мотивационной сферы. Эмпирическая часть исследования выполнена на выборке из 40 студентов ИФКиС с применением методики «Диагностика мотивации учения студентов» по Н.Ц. Бадмаевой. Выявлено, что доминирующими мотивами учения выступают профессиональные мотивы и мотивы самореализации.

Современная система педагогического образования в России переживает период глубоких трансформаций, связанных с изменением требований к профессиональной компетентности учителя. В условиях ускоренного темпа социальных и технологических изменений студенты все чаще сталкиваются с необходимостью постоянного обновления знаний и навыков, что делает мотивацию к участию в программах дополнительного образования особенно важной.

Настоящая статья посвящена комплексному анализу факторов формирования мотивации студентов ИФКиС при освоении программ ДПО в сфере безопасности жизнедеятельности и начальной военной подготовки. Исследование включает теоретический анализ современных научных источников, а также эмпирическую часть, в которой на основе валидированных диагностических методик изучается мотивационная структура обучающихся.

Вопросы дополнительного профессионального образования студентов педагогических вузов получили разностороннее освещение в работах российских ученых. Дополнительные профессиональные программы должны быть не содержательным придатком к основному образованию, а равноправным инструментом повышения конкурентоспособности выпускника.

М.В. Блохина и Л.Г. Григорьев рассматривают организационные проблемы реализации дополнительного образования в современном вузе. Они отмечают, что успешность дополнительных программ напрямую зависит от их гибкости, модульности и ориентации на реальные запросы рынка труда. Авторы подчеркивают необходимость постоянного обновления содержания программ с учетом изменений в профессиональных стандартах и ожиданиях работодателей [1, с. 34].

Наиболее значимой образовательной потребностью для студентов является личностное развитие, далее следуют получение квалификации и формирование профессиональных компетенций. Факторами, наиболее сильно влияющими на мотивацию к обучению сверх основной программы, выступили «представление о своих способностях и склонностях» и «современное состояние и векторы развития экономики». Для современных студентов дополнительное образование – не формальность, а осознанный инструмент карьерного роста и личностного развития [4, с. 38].

А.П. Кошкин и А.В. Новиков в своем исследовании с участием российских студентов применили факторный и кластерный анализ для изучения роли социальных представлений в мотивации к получению ДПО. Результаты показали, что социальные представления слабо влияют на стремление студентов получить дополнительное образование во время обучения в университете, однако имеют значительное влияние в долгосрочной перспективе [3, с. 65].

Наиболее значимыми факторами выбора программы являются ее практическая направленность, квалификация преподавателей и возможность получения официального документа об образовании.

Таким образом, большинство исследователей сходятся во мнении, что мотивация студентов к освоению дополнительных профессиональных программ имеет сложную, многофакторную структуру, включающую как внешние (требования рынка труда, социальное окружение), так и внутренние (личностное развитие, познавательный интерес) компоненты. Наиболее сильными признаками мотивации выступают представления студентов о своих способностях и склонностях, а также понимание объективных тенденций развития экономики и рынка труда.

Вместе с тем анализ литературы показал, что недостаточно изучена специфика мотивации при освоении программ по безопасности жизнедеятельности и начальной военной подготовке – направлений, которые становятся особенно актуальными в современной геополитической ситуации.

Целью настоящего исследования является выявление и теоретическое обоснование факторов формирования мотивации студентов ИФКиС при освоении программ дополнительного профессионального образования в сфере безопасности жизнедеятельности и начальной военной подготовки, а также эмпирическое изучение мотивационной структуры обучающихся с применением валидированных диагностических методик.

Методы исследования. На теоретическом этапе применялись методы контент-анализа двух дополнительных профессиональных программ: «Организационно-методические аспекты планирования и реализации внеурочной деятельности по безопасности жизнедеятельности» (72 часа, очно-заочная форма) и «Преподавание начальной военной подготовки в общеобразовательной организации» (72 часа, заочная форма с применением дистанционных технологий). Анализировались целевые ориентиры, структура, содержание модулей, формы контроля и методические подходы.

Эмпирическое исследование проведено на базе института физической культуры и спорта (условное наименование). В исследовании приняли участие 40 студентов 3–4 курсов бакалавриата, из них 20 юношей и 20 девушек в возрасте от 20 до 23 лет.

Для диагностики мотивационной структуры использовалась методика «Диагностика мотивации учения студентов» Н.Ц. Бадмаевой (адаптированный вариант). Методика включает 34 утверждения, группирующихся в 7 шкал: профессиональные мотивы, познавательные мотивы, коммуникативные мотивы, мотивы самореализации, мотивы престижа, мотивы избегания, мотивы творческой самореализации. Оценка производилась по 5-балльной шкале.

Наиболее высокие показатели у студентов ИФКиС зафиксированы по шкалам «Профессиональные мотивы» (4,12 балла) и «Мотивы самореализации» (4,05 балла). Это означает, что при освоении дополнительных программ студенты в первую очередь ориентированы на приобретение знаний и навыков, которые будут непосредственно использоваться в будущей профессиональной деятельности, а также на развитие своих способностей и личностного потенциала. Наименее выраженными оказались «Мотивы избегания» (2,85 балла) – студенты в малой степени руководствуются стремлением избежать критики, наказания или неудачи.

При сравнении юношей и девушек выявлены статистически значимые различия по двум шкалам. У юношей значимо выше показатели профессиональных мотивов (4,28 против 3,96; $p < 0,05$), тогда как у девушек – показатели

мотивов самореализации (4,18 против 3,92; $p < 0,05$).

Проведенный контент-анализ двух дополнительных профессиональных программ показал, что их содержание и методический аппарат обладают значительным потенциалом для удовлетворения выявленных мотивационных потребностей студентов ИФКиС.

Программа по безопасности жизнедеятельности включает модули по оказанию первой помощи (измерение артериального давления, остановка кровотечений, сердечно-легочная реанимация, уход за тяжелыми больными), принятию решений в опасных ситуациях, противодействию идеологии экстремизма и терроризма, информационной безопасности. Эти темы напрямую связаны с будущей профессиональной деятельностью учителя основ безопасности и защиты Родины, а также учителя физической культуры, который сегодня все чаще привлекается к реализации внеурочной деятельности по безопасности, проведению военно-патриотических мероприятий. Такая профессиональная направленность содержания согласуется с высокими показателями профессиональных мотивов и внешней мотивации самоопределения, выявленными в нашем исследовании.

Программа по начальной военной подготовке включает разделы по общевоинским уставам, строевой, огневой и тактической подготовке, устройству стрелкового оружия. Для студентов ИФКиС, обладающих хорошей физической формой и дисциплиной, эти модули не являются чужеродными – они органично вписываются в их профильную подготовку. Особенно важно, что программа содержит элементы, позволяющие осуществлять мотивы самореализации и ориентацию на результат: выполнение нормативов, участие в соревнованиях по военно-прикладным видам спорта.

Таким образом, выявленная иерархия мотивов (профессиональные мотивы и мотивы самореализации на первом месте) согласуется с данными П.Ф. Кубрушко и соавторов (2025), где личностное развитие и получение квалификации также заняли ведущие позиции. Это подтверждает, что студенты педагогических направлений в целом ориентированы на осмысленное, ценностно-окрашенное отношение к дополнительному образованию.

Выводы. Теоретический анализ литературы показал, что наиболее значимыми факторами мотивации выступают представления о своих способностях, понимание тенденций развития экономики и рынка труда, а также осознанная ценность образования.

Эмпирическое исследование на выборке из 40 студентов ИФКиС с применением методик ДМУС выявило, что доминирующими мотивами учения являются профессиональные мотивы (4,12 балла) и мотивы самореализации (4,05 балла).

Содержательный анализ двух дополнительных профессиональных программ показал, что они обладают потенциалом для удовлетворения выявленных мотивационных потребностей. Рекомендуется усилить в программах компоненты, связанные с практической направленностью (для удовлетворения профессиональных мотивов) и рефлексивными практиками (для удовлетворения мотивов самореализации). Целесообразно также внедрение элементов педагогической деятельности по индивидуализации обучения, направленных на проектирование образовательного маршрута, развитие мотивации и выбор ресурсов для достижения профессиональных целей.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при проектировании и модернизации дополнительных профессиональных программ для студентов институтов физической культуры и спорта, а также в системе повышения квалификации педагогов.

Литература

1. Блохина, М.В. Проблемы организации дополнительного образования студентов в современном вузе / М.В. Блохина, Л.Г. Григорьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. – 2025. – № 3(42). – С. 31–36.

2. Иванова, Л.Н. Особенности проявления мотивации к овладению профессией у студентов педагогического вуза / Л.Н. Иванова, Е.Г. Хрисанова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2023. – № 11(170). – С. 336–340.

3. Кошкин, А.П. Роль социальных представлений в мотивации студентов к получению дополнительного образования / А.П. Кошкин, А.В. Новиков // Современное образование. – 2017. –

№ 4. – С. 48–75.

4. Кубрушко, П.Ф. Дополнительные профессиональные программы как средство удовлетворения образовательных потребностей студентов вуза / П.Ф. Кубрушко, Е.Н. Козленкова, А.Н. Волкова // Международный научный журнал. – 2025. – № 5(105). – С. 32–41.

References

1. Blokhina, M.V. Problemy organizatsii dopolnitelnogo obrazovaniya studentov v sovremennom vuze / M.V. Blokhina, L.G. Grigorev // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nauki ob obshchestve i gumanitarnye nauki. – 2025. – № 3(42). – S. 31–36.

2. Ivanova, L.N. Osobennosti proyavleniya motivatsii k ovladeniyu professiej u studentov pedagogicheskogo vuza / L.N. Ivanova, E.G. KHrisanova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 11(170). – S. 336–340.

3. Koshkin, A.P. Rol sotsialnykh predstavlenij v motivatsii studentov k polucheniyu dopolnitelnogo obrazovaniya / A.P. Koshkin, A.V. Novikov // Sovremennoe obrazovanie. – 2017. – № 4. – S. 48–75.

4. Kubrushko, P.F. Dopolnitelnye professionalnye programmy kak sredstvo udovletvoreniya obrazovatelnykh potrebnostej studentov vuza / P.F. Kubrushko, E.N. Kozlenkova, A.N. Volkova // Mezhdunarodnij nauchnij zhurnal. – 2025. – № 5(105). – S. 32–41.

© В.Ю. Сафонова, П.П. Тиссен, 2026

УДК 378

СТУДЕНЧЕСКОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПОЛНОГО ЦИКЛА КАК ЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ, ПРАКТИКИ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С.Г. СЕМЕНОВ, Д.С. АРЕПЬЕВА, С.С. ФЕДОРОВ, С.Д. КАЗАКОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

Ключевые слова и фразы: студенческое конструкторское бюро; инженерно-техническое образование; проектно-конструкторская деятельность; практико-ориентированное обучение; технологии информационного моделирования (**ТИМ**); структурно-функциональная модель; профессиональные компетенции; жизненный цикл проекта; интеграция образования и рабочего процесса.

Аннотация: Целью работы является разработка и обоснование модели студенческого конструкторского бюро (**СКБ**) полного цикла. Задачи: доказать необходимость синтеза рабочей практики и образовательного процесса, описать работу СКБ, структурировать процесс распределения ролей и взаимодействие различных отделов. Гипотеза иследования: внедрение разработанной образовательной модели способствует развитию прикладных навыков у студентов, что повышает их конкурентоспособность в проффессиональной среде. Методы: структурный анализ, организационное моделирование. Результат: разработана структурно-функциональная схема работы СКБ.

Современное инженерное образование требует перехода к практико-ориентированным моделям обучения. Растущие требования рынка труда формируют необходимость интеграции образовательной среды с реальными рабочими процессами для быстрой адаптации выпускников. Эффективным инструментом такой интеграции выступает создание на базе университета студенческого конструкторского бюро (СКБ) полного цикла, структурно моделирующего бизнес-процессы проектной организации. Вовлечение обучающихся во все стадии жизненного цикла проекта от получения технического задания до финальной валидации продукта обеспечивает комплексное формирование профессиональных компетенций, опыта кросс-функционального взаимодействия и ответственности за итоговый результат, что, согласно современным исследованиям, является важнейшим условием развития гибких (*soft skills*) и предпринимательских навыков студентов в университетской среде [3].

Актуальность создания студенческого конструкторского бюро (СКБ) полного цикла обусловлена необходимостью академической подготовки инженерных кадров согласно актуальным требованиям строительной отрасли. Повышение адаптивности традиционной системы образования посредством усиления прикладной составляющей необходимо для формирования компетенций проектного управления, взаимодействия с заказчиком и соблюдения отраслевых стандартов. Как отмечают исследователи, создание СКБ в настоящее время является одной из ведущих тенденций в развитии образования, позволяя не только развивать научно-техническое творчество студентов и их профессиональную ориентацию, но и вовлекать молодежь в реальную инновационную деятельность [1]. Интеграция модели СКБ в учебный процесс решает комплекс образовательных и прикладных задач: вуз усиливает практико-ориентированность программ, а обучающиеся приобретают релевантный профессиональный опыт, формируя конкурентные преимущества на рынке труда. Таким образом, данная струк-

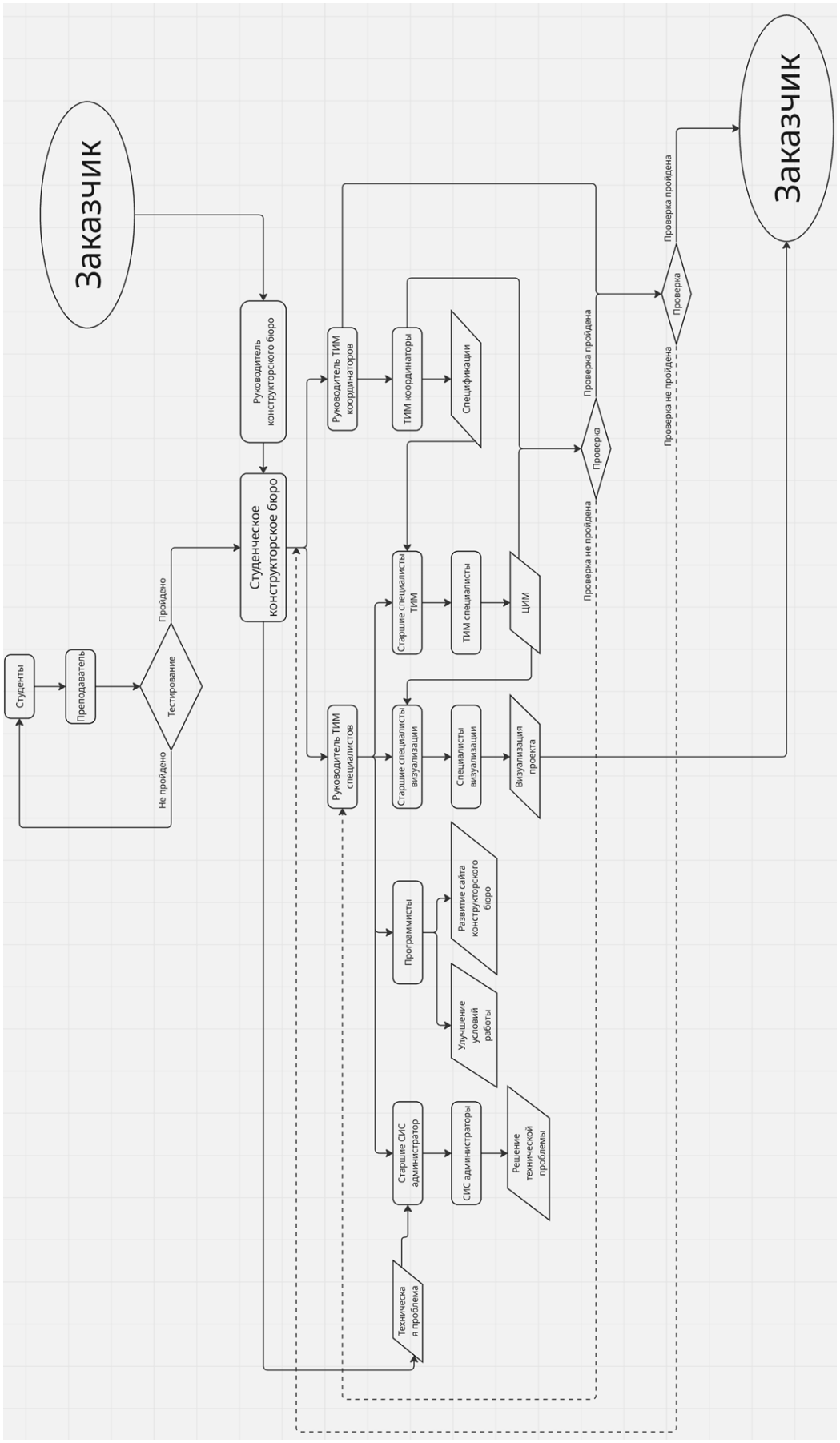

Рис. 1. Структура работы студенческого конструкторского бюро полного цикла

тура выступает эффективным механизмом интеграции образования, науки и обеспечения экономической выгоды для университета и вовлеченных студентов.

В качестве основного результата исследования была разработана и детализирована структурно-функциональная схема работы студенческого конструкторского бюро (СКБ) полного цикла, представленная на рис. 1. Данная модель демонстрирует комплексный алгоритм функционирования организации, охватывающий этапы от отбора кадров и получения технического задания до выдачи готового продукта конечному потребителю.

Формирование кадрового потенциала СКБ представляет собой цикличный процесс отбора: инициативной группой выступают студенты, чья подготовка оценивается преподавателем. Обязательным этапом является тестирование. Кандидаты, не прошедшие его, направляются на повторную подготовку, в то время как успешно сдавшие тестирование интегрируются в структуру студенческого конструкторского бюро. Параллельно с кадровым обеспечением запускается производственный процесс: внешним инициатором выступает Заказчик, который взаимодействует непосредственно с руководством конструкторского бюро. Руководитель выполняет функцию связующего звена, передающего требования заказчика во внутреннюю среду СКБ.

Внутренняя архитектура бюро базируется на четком разделении труда и имеет двойственную структуру управления, разделяясь на два ключевых вектора: направление ТИМ-специалистов (технологии информационного моделирования) и направление ТИМ-координаторов. Данный подход позволяет разделить процессы непосредственного производства продукта и его нормативно-технического сопровождения.

Блок, возглавляемый руководителем ТИМ-специалистов, представляет собой производственное ядро бюро и включает в себя четыре профильных подразделения. Первое подразделение отвечает за техническую поддержку: при возникновении технической проблемы запрос обрабатывается старшим СИС-администратором и передается рядовым системным администраторам для выработки решения. Второе подразделение – «программисты» – осуществляет внутреннюю оптимизацию процессов бюро; результатами их деятельности являются улучшение условий работы и развитие корпоративного сайта СКБ. Третье и четвертое подразделения, представленные отделом ТИМ-специалистов и отделом визуализации, непосредственно заняты реализацией проектов заказчика. Иерархия здесь выстроена по принципу наставничества: старшие наставники координируют работу рядовых специалистов для создания итоговой визуализации проекта, а старшие эксперты ТИМ совместно с ТИМ-специалистами занимаются разработкой цифровой информационной модели (**ЦИМ**).

Особое внимание в схеме полного цикла уделено взаимодействию производственного блока с отделом ТИМ-координаторов. Под управлением своего руководителя ТИМ-координаторы разрабатывают проектные спецификации, которые служат фундаментальной базой и передаются старшим специалистам ТИМ для корректного построения цифровой модели. Следовательно, управленческий блок отвечает за формирование параметров, а производственный за их реализацию.

Заключительным этапом работы СКБ является строгий контроль, реализованный посредством многоуровневой системы валидации и верификации. Производственный отдел передает актуальную ЦИМ в отдел ТИМ-координаторов, после чего происходит первый этап проверки. Процесс проверки ЦИМ простроен по принципу обратной связи, если первая проверка не пройдена, модель направляется на доработку в отдел ТИМ-специалистов. Проект переходит на стадию финальной проверки только при условии положительного прохождения всех предыдущих стадий первичного контроля. В случае отрицательного результата проверки модель возвращается на уровень руководителя ТИМ-координаторов для корректировки документации. Модели будет назначен статус «проверка пройдена» только при условии успешного прохождения всех этапов проверки, окончательный проект передается Заказчику, что означает успешное завершение полного цикла работы студенческого конструкторского бюро. Такая организация производственного процесса внутри вуза полностью соответствует современным международным трендам инженерного образования, ориентированным на результат и внедрение многоуровневых механизмов контроля качества [2].

Студенческое конструкторское бюро (СКБ) полного цикла является эффективным способом

организации образовательного процесса с интеграцией инженерной практики. Предложенная модель обеспечивает взаимосвязь между накопленными теоретическими знаниями и производственным опытом, что усиливает практико-ориентированность обучения и его прикладную составляющую. Обучающиеся решают актуальные практические задачи, возникающие на разных этапах реализации проекта, развивают навыки командного взаимодействия и коммуникации с заказчиком, что способствует формированию их прикладных и управленческих компетенций.

Наличие нескольких разнопрофильных подразделений обеспечивает высокую степень внутренней мобильности обучающихся и позволяет студенту апробировать различные смежные и профильные специальности, свободно переходя между подразделениями по мере накопления опыта и выявления устойчивых профессиональных интересов. Одним из главных преимуществ для студентов является официальное трудоустройство, что позволяет накапливать стаж и формировать портфолио в период обучения. Гибкий график работы и непосредственное расположение конструкторского бюро в инфраструктуре вуза позволяют студентам эффективно распределять усилия между учебной и рабочей деятельностью без ущерба для успеваемости.

В практике вуза внедрение предложенной образовательной модели позволит повысить качество образования и престиж вуза для привлечения абитуриентов. Кроме того, такой подход позволит значительно расширить внешнее партнерство с отраслевыми компаниями. Наличие внутренних информационно-технических подразделений дополнительно способствует цифровизации процессов внутри самого университета.

Предложенная модель рекомендуется к внедрению и масштабированию в системе высшего технического образования с целью повышения конкурентоспособности выпускников.

Литература

1. Коротков, С.Г. Студенческое конструкторское бюро как форма организации научно-технического творчества студентов / С.Г. Коротков, Л.Г. Ахметов // Вестник Марийского государственного университета. – 2019. – Т. 13 – № 1(33). – С. 11–16. – DOI: 10.30914/2072-6783-2019-13-1-11-16. – EDN RVYYXX.

2. Цзяо, Ц. Исследование по сертификации специалистов в области компьютерных технологий в контексте новых инженерных дисциплин / Ц. Цзяо // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 2(173). – С. 156–160. – EDN YODUNM.

3. Боровских, С.В. Оценка предпринимательских компетенций студентов спортивного вуза / С.В. Боровских // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 2(173). – С. 179–183. – EDN VFQHTD.

References

1. Korotkov, S.G. Studencheskoe konstruktorskoe byuro kak forma organizatsii nauchno-tekhnicheskogo tvorchestva studentov / S.G. Korotkov, L.G. Akhmetov // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2019. – T. 13 – № 1(33). – S. 11–16. – DOI: 10.30914/2072-6783-2019-13-1-11-16. – EDN RVYYXX.

2. TSzyao, TS. Issledovanie po sertifikatsii spetsialistov v oblasti kompyuternykh tekhnologij v kontekste novykh inzhenernykh distsiplin / TS. TSzyao // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 2(173). – S. 156–160. – EDN YODUNM.

3. Borovskikh, S.V. Otsenka predprinimatelskikh kompetentsij studentov sportivnogo vuza / S.V. Borovskikh // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 2(173). – S. 179–183. – EDN VFQHTD.

© С.Г. Семенов, Д.С. Арепьева, С.С. Федоров, С.Д. Казаков, 2026

УДК 37.035.6

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ПРОСТРАНСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ГРАЖДАНСКО-ПАТРИОТИЧЕСКОЙ ПОЗИЦИИ СТУДЕНТОВ

В.В. СОЛНЫШКИНА[1], А.И. ДУНАЕНКО[2], И.Ф. ИГРОПУЛО[2]

[1] МАОУ г. Калининграда средняя общеобразовательная школа № 25 с углубленным изучением отдельных предметов имени И.В. Грачева, г. Калининград;
[2] ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

Ключевые слова и фразы: педагогическое образование; воспитание в вузе; гражданско-патриотическая позиция студентов.

Аннотация: В контексте актуальных социально-экономических и геополитических вызовов современного общества формирование гражданско-патриотической позиции обучающихся выступает одной из приоритетных задач системы педагогического образования Российской Федерации. Цель исследования: анализ роди педагогического образования в формировании гражданско-патриотической позиции студентов. Задачи исследования: изучение нормативных источников и научной литературы по проблеме; выявление структуры гражданско-патриотической позиции студентов; выявление направлений воспитательной деятельности вуза по формированию гражданско-патриотической позиции будущих педагогов. Гипотеза исследования заключается в предположении о гражданско-патриотической позиции студентов как интегративном личностном образовании, формирующемся в вузе и предполагающем создание необходимых педагогических условий. Методы исследования включают анализ, синтез и обобщение полученных результатов. Научная новизна и теоретическая значимость заключаются в характеристике ценностной направленности гражданско-патриотической позиции, в выявлении основных направлений воспитательной деятельности вузов по формированию гражданско-патриотической позиции студентов.

Стратегической задачей педагогического образования в новых условиях является не только формирование компетентности будущих педагогов, готовых к профессиональной деятельности, но и их гражданско-патриотическое становление и воспитание.

В соответствии с положениями Федерального закона от 29.12.2012 № 273 ФЗ (ред. от 08.03.2026) «Об образовании в Российской Федерации», образовательные организации высшего образования функционируют не только как институты профессиональной подготовки, но и как субъекты гражданского воспитания, реализующие задачи развития личностных качеств и формирования ценностно смысловых установок обучающихся [5].

Указ Президента Российской Федерации от 9 ноября 2022 года № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» [4] нормативно закрепляет аксиологические ориентиры воспитательной работы, определяя базовые параметры традиционных ценностей, подлежащих трансляции и интериоризации в процессе социализации обучающихся.

В этой связи к числу приоритетных направлений воспитательной деятельности высших учебных заведений, реализующих программы педагогического образования, относятся:

– формирование духовно-нравственной ориентации будущих педагогов;

– обеспечение высокого уровня личностного развития обучающихся;

– становление гражданско-патриотической позиции студентов как элемента их гражданской идентичности.

Следует отметить, что совокупность профессиональных знаний и узкопрофессиональных умений не исчерпывает структуру профессиональной компетентности специалиста в современных условиях. Трансформация социально-экономической среды обусловливает необходимость:

– гибкой профессиональной адаптации к динамике рынка труда и региональной специфике;

– модернизации подходов в рамках профессиональной педагогики;

– формирования высокого уровня профессиональной культуры;

– развития гражданской ответственности;

– становления способности к осознанному выбору и следованию личностным и профессиональным ценностям.

Перечисленные характеристики в совокупности определяют степень сформированности молодого специалиста как субъекта профессиональной деятельности, обладающего не только функциональной грамотностью, но и устойчивой системой ценностных ориентаций, гражданской позицией и готовностью к социально значимой деятельности [1].

Перед системой высшего образования Российской Федерации поставлена стратегическая задача целенаправленного формирования студентов как субъектов социально-профессиональной деятельности, для которых ключевые жизненные ориентиры («Родина», «честь», «Отечество», «историческая память») выступают в качестве базовых ценностных доминант и составляют ядро гражданско-патриотической идентичности.

Анализ современной научной литературы позволяет выделить несколько концептуальных подходов к определению сущности гражданской позиции. В рамках интегративного подхода гражданская позиция трактуется как комплексное качество личности, включающее следующие компоненты:

– патриотическое сознание и патриотические чувства;

– политическое сознание и гражданская осведомленность;

– социальная активность и готовность к участию в общественной жизни;

– устойчивая установка на следование гражданским ценностям.

Альтернативные подходы акцентируют внимание на поведенческом аспекте данного феномена, рассматривая гражданскую позицию как совокупность моделей поведения, проявляющихся в гражданской деятельности. В рамках данного направления особое распространение получили педагогические модели воспитания гражданственности у студентов посредством проектной деятельности, предполагающие:

– вовлечение обучающихся в социально значимые проекты;

– организацию волонтерских инициатив;

– реализацию гражданско-патриотических программ;

– создание условий для практического проявления гражданской позиции в учебно-воспитательном процессе.

Такой подход позволяет перевести ценностные установки в плоскость реальных действий, обеспечивая единство когнитивного, эмоционального и поведенческого компонентов гражданско-патриотического воспитания.

В педагогической теории гражданская позиция рассматривается как «совокупность мировоззренческих взглядов, убеждений и отношения к обществу, государству…» [3], а ее формирование рассматривается как «целенаправленный и сознательно организованный педагогический процесс взаимодействия педагогов и студентов по овладению гражданским опытом в социально значимой деятельности» [3]. Гражданско-патриотическая позиция будущих специалистов, по мнению В.А. Боровцова, представляет собой «устойчивую систему ценностных ориентаций, проявляющуюся в осознанном отношении к социальным явлениям, Родине, государству и региону, а также в способности аргументированно обосновывать целевые установки на принятие базовых профессиональных, гражданских и патриотических ценностей» [2].

Формирование гражданско-патриотической позиции в системе педагогического образования выступает как целенаправленный, системно организованный воспитательный процесс интегративного характера. Данный процесс ориентирован на становление у обучающихся комплекса базовых ценностных ориентаций и профессионально значимых качеств личности, выполняющих функцию регуляторов принятия

социально и профессионально значимых ценностей. Указанные ценности не только определяют уровень социальной активности личности, но и оказывают влияние на выбор будущей профессиональной траектории, в т.ч. с учетом региональной специфики, и составляют концептуальное ядро гражданско-патриотической позиции студентов.

В рамках реализации воспитательного потенциала высшего учебного заведения как социально педагогической среды формирования личности выделяются следующие ключевые направления деятельности по формированию гражданско-патриотической позиции студентов:

– системная организация и реализация ценностно-смысловых проектов гражданско-патриотической направленности представляет собой целенаправленный педагогический процесс, предусматривающий стратегическое планирование и поэтапное внедрение образовательных и воспитательных проектов;

– обеспечение комплексной педагогической поддержки обучающихся включает создание психолого-педагогических условий для становления гражданско-патриотической позиции, сопровождение личностного развития студентов, а также применение индивидуальных и групповых форм воспитательной работы (наставничество, тренинги, дискуссии, рефлексивные практики), способствующих осознанному принятию гражданских ценностей;

– ориентация воспитательного потенциала высшего учебного заведения на формирование региональной идентичности обучающихся представляет собой педагогическое направление, акцентирующее необходимость учета социально-экономической и культурно-исторической специфики региона в процессе воспитания;

– разработка, актуализация и внедрение педагогического инструментария, направленного на формирование гражданско-патриотической позиции обучающихся, представляет собой системную педагогическую задачу, предполагающую создание, обновление и практическую реализацию комплекса методов, технологий и форм воспитательной работы.

Таким образом, высшее учебное заведение выступает в качестве ключевой социально-педагогической среды, обладающей значительным потенциалом для формирования гражданско-патриотической позиции студентов.

Интеграция воспитательных задач в образовательный процесс, опора на ценностно-смысловые проекты, педагогическая поддержка и учет региональной специфики позволяют создать целостную систему гражданско-патриотического воспитания.

Литература

1. Белов, В.И. Профессиональное воспитание в системе современных воспитательных концепций / В.И. Белов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2006. – Т. 6. – № 14. – С. 163–177.

2. Боровцов, В.А. Воспитательная работа со студентами в вузе: проблемы и возможности / В.А. Боровцов, Л.С. Зникина // Теоретические и прикладные вопросы лингвообразования : сборник научных статей по результатам конференции Межвузовского научно-методического объединения / науч. ред. Л.С. Зникина. – Кемерово : КузГТУ, 2020. – С. 20–27.

3. Мирошина, Т.А. Формирование гражданской позиции студентов вуза как социально-педагогическая проблема / Т.А. Мирошина, Т.Б. Игонина // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – № 2-1(58). – С. 110–114.

4. Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей : Указ Президента Российской Федерации № 809 от 9 ноября 2022.

5. Об образовании в Российской Федерации : Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 08.03.2026) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504994.

References

1. Belov, V.I. Professionalnoe vospitanie v sisteme sovremennykh vospitatelnykh kontseptsij / V.I. Belov // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena. –

2006. – Т. 6. – № 14. – S. 163–177.

2. Borovtsov, V.A. Vospitatelnaya rabota so studentami v vuze: problemy i vozmozhnosti / V.A. Borovtsov, L.S. Znikina // Teoreticheskie i prikladnye voprosy lingvoobrazovaniya : sbornik nauchnykh statej po rezultatam konferentsii Mezhvuzovskogo nauchno-metodicheskogo obedineniya / nauch. red. L.S. Znikina. – Kemerovo : KuzGTU, 2020. – S. 20–27.

3. Miroshina, T.A. Formirovanie grazhdanskoj pozitsii studentov vuza kak sotsialno-pedagogicheskaya problema / T.A. Miroshina, T.B. Igonina // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 2-1(58). – S. 110–114.

4. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki po sokhraneniyu i ukrepleniyu traditsionnykh rossijskikh dukhovno-nravstvennykh tsennostej : Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federatsii № 809 ot 9 noyabrya 2022.

5. Ob obrazovanii v Rossijskoj Federatsii : Federalnij zakon ot 29.12.2012 № 273-FZ (red. ot 08.03.2026) [Electronic resource]. – Access mode : https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504994.

© В.В. Солнышкина, А.И. Дунаенко, И.Ф. Игропуло, 2026

УДК 378.048.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОДЕЛЬ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МАРШРУТА В ПОСТДИПЛОМНОМ ОБРАЗОВАНИИ ХИРУРГОВ-ОНКОЛОГОВ

С.В. ЩЕРБАТЫХ, Д.Ю. ЮРЬЕВ

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец

Ключевые слова и фразы: индивидуальный образовательный маршрут (**ИОМ**); модель; моделирование; постдипломное образование.

Аннотация: Целью данной статьи является рассмотрение метода моделирования как способа отражения взглядов авторов на решение проблемы эффективности постдипломного образования хирургов-онкологов в условиях реформирования здравоохранения. Обосновывается актуальность применения метода моделирования в педагогических исследованиях. На основе анализа подходов отечественных и зарубежных ученых (Н.М. Борытко, В.А. Сластенина, И.Ф. Исаева, Н.В. Софроновой и др.) раскрываются сущностные характеристики, виды, преимущества и недостатки моделирования как общенаучного метода. Статья носит теоретический характер. В результате была представлена авторская структурная модель индивидуального образовательного маршрута хирургов-онкологов, включающая целевой, методологический, содержательный, технологический, диагностический и результативный блоки. Модель направлена на персонализацию постдипломной подготовки и повышение уровня профессиональных компетенций специалистов.

В условиях непрерывного реформирования здравоохранения и внедрения клинических рекомендаций, требующих от онколога-хирурга владения широким спектром высокотехнологичных вмешательств, особую значимость приобретает проблема эффективности постдипломного образования. Существующая система повышения квалификации зачастую носит дробный характер и не в полной мере реализует принцип индивидуализации обучения, что снижает ее адаптивность к реальным запросам практического здравоохранения. Поскольку современные педагогические исследования, как правило, включают разработку моделей как одну из задач, то целью настоящей статьи является теоретическое обоснование и разработка модели индивидуального образовательного маршрута как ключевого инструмента персонализации постдипломной подготовки хирургов-онкологов.

Можно с полной уверенностью сказать, что моделирование является одним из методов поиска решений педагогических проблем, а создание модели продуктом процесса моделирования.

В целом исследователи единодушны в том, что моделирование является теоретическим методом исследования сложных психолого-педагогических явлений, процессом создания моделей. Так, Н.М. Борытко, И.Ф. Исаев, В.А. Сластенин, Е.Н. Шиянов солидарны в том, что данный метод не только универсален для педагогических исследований, но и в целом для проектирования практики педагогической деятельности [2; 9]. Н.В. Софронова и Р.И. Горохова считают, что моделирование является процессом построения моделей для более удобного их изучения [12]. О.В. Галустян, Цзинвэй Чжан и С.С. Гамисония включают моделирование в список неотъемлемых составляющих методологии научных исследований [3]. По мнению В.И. Писаренко, моделирование представляет собой «структурирование информации о сущности и специфике объекта, процесса или яв-

ления с целью достижения системности в его рассмотрении, выявления целей и ограничений в его функционировании» [8, с. 59]. В.И. Писаренко, наоборот, предполагает, что моделирование не теоретический, а интегративный метод, который включает как теоретическую, так и эмпирическую части [8]. И.О. Котлярова, проведя системный анализ понятия, пришла к выводу, что моделирование можно понимать как общенаучный метод исследования, когда реальность заменяется моделью. Моделирование используется тогда, когда исследование объективной реальности затруднено [6].

Моделирование как метод имеет ряд сущностных характеристик и особенностей. Например, Н.В. Софронова и Р.И. Горохова обнаруживают несколько видов моделирования, а именно:

– детерминированное (строго определенное);
– стохастическое (вероятностное);
– статическое (описание в фиксированный момент времени);
– динамическое (развивающееся во времени);
– дискретное (отражающее часть образовательного процесса);
– непрерывное (отражающее непрерывный образовательный процесс);
– дискретно-непрерывное (отражающее статичные и непрерывные элементы образовательного процесса);
– мысленное;
– реальное [12].

При этом чаще всего в педагогических исследованиях можно встретить динамические и стохастические виды моделирования [12].

Отметим точку зрения И.Ф. Исаева, В.А. Сластенина, Е.Н. Шиянова касаемо практического применения данного метода. Так, И.Ф. Исаев, В.А. Сластенин, Е.Н. Шиянов отмечают, что моделирование может помочь педагогу-практику в прогнозировании процесса и результатов воспитательного воздействия. Моделирование помогает перевести педагогические задачи из теоретической в сферу практической реализации [9].

Н.М. Борытко в его монографии был разработан ряд этапов изучения педагогического феномена, для которого наилучшим образом подошел бы метод моделирования. С его точки зрения, для понимания целостности феномена исследователю необходимо на основе педагогической литературы понять сущность изучаемого феномена, выделить системные связи (внутренние и внешние), проанализировать содержание [2].

Так или иначе у моделирования как метода есть преимущества и недостатки. Например, А.Ю. Логвиненко и А.С. Фетисов среди достоинств выделяют:

– возможность изучения сложных систем, педагогических явлений и процессов;
– схематизацию изучаемых объектов; группировку и систематизацию знаний;
– возможность воспроизведения схематично реальных объектов.

В качестве недостатков указанные авторы отмечают:

– сложность построения достоверных моделей;
– риск упрощения сложных педагогических явлений;
– сложности в сборе достоверной информации;
– моделирование является не вполне универсальным методом и не всегда целесообразно [7].

Поскольку продуктом моделирования является модель, то скажем несколько слов о ней. Проведя анализ, Н.В. Софронова и Р.И. Горохова выделили несколько подходов к пониманию того, что такое модель. А именно, моделями называют формализованное описание объекта или системы объектов; аналог фрагмента реальности; упрощенное, схематичное представление о реальном объекте [12]. В.И. Писаренко считает, что стимулом для применения метода моделирования и создания моделей является сущность изучаемого явления [8]. По мнению Е.А. Солодовой, модели бывают материальными и идеальными. Материальные модели существуют в физической форме, а идеальные в виде мыслительного образа [11]. В.И. Писаренко также отмечает, в педагогических исследованиях конструируются структурно-педагогические модели, цель которых заключается в представлении компонентов, структуры и взаимосвязей педагогических явлений [8].

Таким образом, моделирование является эффективным и востребованным методом педагогического исследования, позволяющим структурировать сложные процессы и переводить теоретические положения в плоскость практической реализации. Анализ различных точек зрения показывает, что, несмотря на вари-

<table>
<tr><td colspan="4">Целевой блок
Цель – разработка эффективного индивидуального образовательного маршрута в постдипломном образовании хирургов-онкологов</td></tr>
<tr><td colspan="4">Методологический блок</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подходы:
системный, субъектный, деятельностный, компетентностный</td><td colspan="2">Принципы:
системности, единства теории и практики, субъектности, развития, индивидуализации</td></tr>
<tr><td colspan="4">Содержательный блок
Компоненты ИОМ хирургов-онкологов:
мотивационный, диагностический, когнитивный, технологический, рефлексивный</td></tr>
<tr><td colspan="4">Технологический блок</td></tr>
<tr><td colspan="4">Технология индивидуального образовательного маршрута хирургов-онкологов
(диагностика готовности – разработка ИОМ – реализация ИОМ – оценка результатов)</td></tr>
<tr><td>Формы:
индивидуальная</td><td>Методы:
обучения (традиционные, инновационные, контроля), воспитания (организация деятельности, общения, опыта общественного поведения, стимулирования и мотивации деятельности и поведения, контроля, самоконтроля и самооценки)</td><td>Средства:
методические, материалы, презентации, видеозаписи, тренажеры</td><td>Этапы:
мотивационный
теоретический
практический
рефлексивный</td></tr>
<tr><td colspan="4">Условия:
осознание значимости обучения по ИОМ; психологическая готовность студентов к обучению по ИОМ; психолого-педагогическая готовность профессорско-преподавательского состава к обучению по ИОМ; помощь обучающимся в проектировании ИОМ; подготовка образовательной среды для обучения по ИОМ; организация рефлексии результатов образовательного процесса</td></tr>
<tr><td colspan="4">Диагностический блок</td></tr>
<tr><td>Критерии:
мотивационный, диагностический, знаниевый, технологический, оценочный</td><td colspan="2">Показатели:
– стремление к углублению и совершенствованию теоретических знаний и практических навыков, желания обучаться по индивидуальному образовательному маршруту;
– осознания важности текущей и итоговой диагностики сформированности знаний, умений и навыков;
– показатели повышения качества знаний, углубления умений и навыков практической деятельности;
– показатели эффективность ИОМ, управляемость ИОМ;
– оценка себя как специалиста, удовлетворенность качеством обучения</td><td>Диагностические методики:
методика для диагностики учебной мотивации студентов (А.А. Реан и В.А. Якунин, модификация Н.Ц. Бадмаевой);
Тест рефлексии деятельности (В.Д. Шадриков, С.С. Кургинян);
Опросник оценки ИОМ; Оценка успеваемости обучающихся;
Опросник удовлетворенности качеством обучения</td></tr>
<tr><td colspan="4">Уровни:</td></tr>
<tr><td>Низкий</td><td colspan="2">Средний</td><td>Высокий</td></tr>
<tr><td colspan="4">Результативный блок
Результат – повышение уровня теоретической и практической подготовленности специалистов в области хирургический онкологии</td></tr>
</table>

Рис. 1. Модель индивидуального образовательного маршрута хирургов-онкологов

ативность подходов к определению метода, исследователи единодушны в признании его значимости для проектирования образовательных систем.

В нашем исследовании была сформирована модель индивидуального образовательного маршрута хирургов-онкологов (рис. 1).

Наша модель ИОМ хирургов-онкологов состояла из шести блоков [15]. Традиционно первым блоком является – целевой, в котором содержится цель, а именно, разработка эффективного индивидуального образовательного маршрута в постдипломном образовании хирургов-онкологов.

Далее следует методологический блок, содержащий подходы к разработке ИОМ и принципы. В качестве основных методологических подходов нами были выбраны: системный, субъектный, деятельностный, компетентностный. Системный подход выражался в понимании важности формирования взаимосвязей между теоретическими знаниями и практическими умениями и навыками хирургов-онкологов. Субъектный подход позволил сформировать профессиональное отношение у обучающихся к процессу и результатам обучения, проявить ответственность к своему труду. Деятельностный подход отражал активную деятельностную позицию со стороны обучающихся по отношению к процессу и результатам обучения. Положения компетентностного подхода позволили нам осуществлять подготовку высококвалифицированных специалистов. Методологическим подходам нашего исследования соответствовали принципы системности, единства теории и практики, субъектности, развития, индивидуализации. Использование принципа системности предполагало необходимость передачи знаний в строгой логической последовательности. Принцип единства теории и практики понимался нами как необходимость подкрепления теоретических знаний практическими умениями и навыками. Принцип субъектности позволял нам учитывать индивидуальные особенности каждого обучающегося в процессе разработки и реализации ИОМ. Применение положений принципа развития дало нам возможность комплексно развивать личность обучающихся. Принцип индивидуализации предполагал формирование ИОМ в соответствии с индивидуальными особенностями личности.

Затем следовал содержательный блок, в котором были отражены компоненты ИОМ хирургов-онкологов.

Опираясь на исследования Н.Г. Арзамасцевой, Е.Г. Галянской, Н.А. Гетман, Б.Н. Зырянова, В.В. Константиновой, Е.Н. Котенко [1; 4; 5], мы выделили мотивационный, диагностический, когнитивный, технологический, рефлексивный компоненты, которые позволяют в полной мере отразить структуру и содержание разработки ИОМ хирургов-онкологов. По нашему мнению, данная компонентная структура позволяет в полной мере отразить процесс обучения по ИОМ от момента мотивирования до оценки полученных результатов.

За содержательным следовал технологический блок, который включал формы, методы, средства, этапы и условия. Поскольку проблемой нашего исследования выступила разработка индивидуального образовательного маршрута, то нами в качестве основной формы была выбрана индивидуальная.

Основываясь на взглядах В.А. Сластенина, А.Е. Сучковой, И.Ф. Исаева, Е.Н. Шиянова, мы предполагаем, что данная форма работы позволит обучающимся наиболее полно овладеть углубленными знаниями, умениями и навыками. Методами ИОМ выступили методы обучения и воспитания (В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов), которые позволяют наиболее системно формировать личность специалистов [9; 13]. И в качестве формирующих средств были выбраны (В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов) методические материалы, презентации, видеозаписи, тренажеры, личностные качества, которые усиливали действие форм и методов [9]. По нашему мнению, технология ИОМ должна осуществляться в четыре этапа: мотивационный (первичное разъяснение актуальности, целей, задач обучения, мотивирование), теоретический (углубление и систематизация теоретических знаний), практический (отработка практических умений и навыков), рефлексивный (интериоризация знаний, оценка результатов обучения). Также эффективной реализации технологии будет способствовать соблюдение ряда условий (осознание значимости обучения по ИОМ; психологическая готовность студентов к обучению по ИОМ; психолого-педагогическая готовность профессорско-преподавательского состава к обучению по ИОМ; помощь обучающимся в проектировании ИОМ; подготовка образовательной среды для обучения по ИОМ; организация рефлексии результа-

тов образовательного процесса), в разработке которых мы ориентировались на взгляды и исследования Н.Г. Арзамасцевой, К.П. Гучмазовой, В.В. Константиновой, А.П. Сманцер, И.А. Юрловской [1; 10; 14].

Далее следовал диагностический блок, который содержал критерии, показатели и соответствующие им психодиагностические методики. В целом критерии и показатели соотносились с компонентной структурой ИОМ и методологическими основаниями.

В сумме диагностики и реализации технологии результаты обучающихся дифференцировались по трем уровням – низкому, среднему и высокому. Низкий уровень отражал недостаточную сформированность теоретических и практических знаний, умений и навыков (**ЗУН**), отсутствие личностных изменений. Средний уровень заключался в частичном повышении ЗУН и личностных качеств обучающихся. Высокий уровень состоял в значительном повышении теоретических знаний, практических умений и навыков, личностных особенностей обучающихся.

В результативном блоке ожидалось повышение уровня теоретической и практической подготовленности специалистов в области хирургический онкологии.

Мы можем заключить, что проведенное теоретическое исследование подтверждает, что моделирование является эффективным и востребованным общенаучным методом в педагогике, позволяющим структурировать сложные образовательные процессы и переводить теоретические положения в практическую плоскость. Анализ работ ведущих ученых (Н.М. Борытко, В.А. Сластенина, И.Ф. Исаева, Н.В. Софроновой и др.) показал вариативность подходов к определению моделирования, однако все исследователи единодушны в признании его значимости для проектирования образовательных систем.

В рамках решения проблемы эффективности постдипломной подготовки хирургов-онкологов в условиях непрерывного реформирования здравоохранения была теоретически обоснована и разработана структурная модель индивидуального образовательного маршрута (ИОМ), которая отражает вариант решения проблем постдипломного образования.

Литература

1. Арзамасцева, Н.Г. Индивидуальный образовательный маршрут как форма организации педагогической поддержки студентов вуза / Н.Г. Арзамасцева, В.В. Константинова // Вестник Марийского государственного университета. – 2022. – № 3(47). – Т. 16. – С. 305–311.

2. Борытко, Н.М. В пространстве воспитательной деятельности : монография / Н.М. Борытко; науч. ред. Н.К. Сергеев. – Волгоград : Перемена, 2001. – 181 с.

3. Галустян, О.В. Педагогическое моделирование в исследованиях по педагогике высшей школы: теоретический аспект / О.В. Галустян, С.С. Гамисония, Ц. Чжан // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2024. – № 1. – С. 29–32.

4. Гетман, Н.А. Подходы к проектированию индивидуального образовательного маршрута в последипломном образовании (на примере стоматологических специальностей) / Н.А. Гетман, Б.Н. Зырянов // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 12. – С. 80–84.

5. Гетман, Н.А. Взаимообусловленность готовности старшекурсников медицинского вуза к проектированию индивидуального образовательного маршрута и реализации их непрерывного медицинского образования в профессиональной деятельности / Н.А. Гетман, Е.Н. Котенко, Е.Г. Галянская // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 7. – С. 151–156.

6. Котлярова, И.О. Метод моделирования в педагогических исследованиях: история развития и современное состояние / И.О. Котлярова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 6–20.

7. Логвиненко, А.Ю. Использование метода моделирования в развитии творческого стиля деятельности педагога в системе дополнительного профессионального образования / А.Ю. Логвиненко, А.С. Фетисов // Гуманитарные исследования. Педагогика и психология. – 2023. – № 14. – С. 28–38.

8. Писаренко, В.И. Педагогические модели: типология и особенности / В.И. Писаренко // Проблемы современного образования. – 2024. – № 1. – С. 58–76.

9. Сластенин В.А. Педагогика / В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов; под ред. В.А. Сластенина. – М. : Академия, 2002. – 576 с.

10. Сманцер, А.П. Педагогические условия проектирования индивидуальной образовательной траектории будущего специалиста в условиях университетского образования / А.П. Сманцер // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е. Педагогические науки. – 2011. – № 7. – С. 9–13.

11. Солодова, Е.А. Новые модели в системе образования: синергетический подход / Е.А. Солодова. – М. : ЛИБРОКОМ, 2013. – 344 с.

12. Софронова, Н.В. Моделирование педагогических систем : монография / Н.В. Софронова, Р.И. Горохова. – Чебоксары : Чувашский гос. пед. ун-т, 2011. – 174 с.

13. Сучкова, А.Е. Индивидуализация обучения в высшей школе в контексте гуманитарной образовательной парадигмы / А.Е. Сучкова // Теория и практика образования в современном мире : материалы VIII Международной научной конференции. – СПб. : Свое издательство, 2015. – С. 158–160.

14. Юрловская, И.А. Индивидуально-образовательный маршрут студентов как механизм индивидуализации образовательного процесса современного педагогического вуза / И.А. Юрловская, К.П. Гучмазова // Мир науки. – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 51.

15. Юрьев, Д.Ю. Проблема организации индивидуальных образовательных маршрутов в системе медицинского образования / Д.Ю. Юрьев, С.В. Щербатых // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 8(191). – С. 117–122.

References

1. Arzamastseva, N.G. Individualnij obrazovatelnij marshrut kak forma organizatsii pedagogicheskoj podderzhki studentov vuza / N.G. Arzamastseva, V.V. Konstantinova // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2022. – № 3(47). – T. 16. – S. 305–311.

2. Borytko, N.M. V prostranstve vospitatelnoj deyatelnosti : monografiya / N.M. Borytko; nauch. red. N.K. Sergeev. – Volgograd : Peremena, 2001. – 181 s.

3. Galustyan, O.V. Pedagogicheskoe modelirovanie v issledovaniyakh po pedagogike vysshej shkoly: teoreticheskij aspekt / O.V. Galustyan, S.S. Gamisoniya, TS. CHzhan // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Problemy vysshego obrazovaniya. – 2024. – № 1. – S. 29–32.

4. Getman, N.A. Podkhody k proektirovaniyu individualnogo obrazovatelnogo marshruta v poslediplomnom obrazovanii (na primere stomatologicheskikh spetsialnostej) / N.A. Getman, B.N. Zyryanov // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2014. – № 12. – S. 80–84.

5. Getman, N.A. Vzaimoobuslovlennost gotovnosti starshekursnikov meditsinskogo vuza k proektirovaniyu individualnogo obrazovatelnogo marshruta i realizatsii ikh nepreryvnogo meditsinskogo obrazovaniya v professionalnoj deyatelnosti / N.A. Getman, E.N. Kotenko, E.G. Galyanskaya // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2019. – № 7. – S. 151–156.

6. Kotlyarova, I.O. Metod modelirovaniya v pedagogicheskikh issledovaniyakh: istoriya razvitiya i sovremennoe sostoyanie / I.O. Kotlyarova // Vestnik YUzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki. – 2019. – T. 11. – № 1. – S. 6–20.

7. Logvinenko, A.YU. Ispolzovanie metoda modelirovaniya v razvitii tvorcheskogo stilya deyatelnosti pedagoga v sisteme dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya / A.YU. Logvinenko, A.S. Fetisov // Gumanitarnye issledovaniya. Pedagogika i psikhologiya. – 2023. – № 14. – S. 28–38.

8. Pisarenko, V.I. Pedagogicheskie modeli: tipologiya i osobennosti / V.I. Pisarenko // Problemy sovremennogo obrazovaniya. – 2024. – № 1. – S. 58–76.

9. Slastenin V.A. Pedagogika / V.A. Slastenin, I.F. Isaev, E.N. SHiyanov; pod red. V.A. Slastenina. – M. : Akademiya, 2002. – 576 s.

10. Smantser, A.P. Pedagogicheskie usloviya proektirovaniya individualnoj obrazovatelnoj traektorii budushchego spetsialista v usloviyakh universitetskogo obrazovaniya / A.P. Smantser // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E. Pedagogicheskie nauki. – 2011. – № 7. – S. 9–13.

11. Solodova, E.A. Novye modeli v sisteme obrazovaniya: sinergeticheskij podkhod / E.A. Solodova. – M. : LIBROKOM, 2013. – 344 s.

12. Sofronova, N.V. Modelirovanie pedagogicheskikh sistem : monografiya / N.V. Sofronova, R.I. Gorokhova. – CHeboksary : CHuvashskij gos. ped. un-t, 2011. – 174 s.

13. Suchkova, A.E. Individualizatsiya obucheniya v vysshej shkole v kontekste gumanitarnoj obrazovatelnoj paradigmy / A.E. Suchkova // Teoriya i praktika obrazovaniya v sovremennom mire : materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii. – SPb. : Svoe izdatelstvo, 2015. – S. 158–160.

14. YUrlovskaya, I.A. Individualno-obrazovatelnij marshrut studentov kak mekhanizm individualizatsii obrazovatelnogo protsessa sovremennogo pedagogicheskogo vuza / I.A. YUrlovskaya, K.P. Guchmazova // Mir nauki. – 2016. – T. 4. – № 2. – S. 51.

15. YUrev, D.YU. Problema organizatsii individualnykh obrazovatelnykh marshrutov v sisteme meditsinskogo obrazovaniya / D.YU. YUrev, S.V. SHCHerbatykh // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 8(191). – S. 117–122.

© С.В. Щербатых, Д.Ю. Юрьев, 2026

Материалы XIII Международной научно-практической конференции «НАУКА. ОБЩЕСТВО. БИЗНЕС»

г. Калининград, Россия,
16–17 мая 2026 года

Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference "SCIENCE. SOCIETY. BUSINESS"

Kaliningrad, Russia,
May 16–17, 2026

Организационный комитет:

Воронкова О.В., Россия (Voronkova O.V., Russia)

Тютюнник В.М., Россия (Tyutyunnik V.M., Russia)

Бикезина Т.В., Россия (Bikezina T.V., Russia)

Ризокулов Т.Р., Таджикистан (Rizokulov T.R., Tajikistan)

Ялунер Е.В., Россия (Ялунер Е.В., Россия)

Серых А.Б., Россия (Serykh A.B., Russia)

Санджай Ядав, Индия (Sanjay Yadav, India)

Малинина Т.Б., Россия (Malinina T.B., Russia)

Беднаржевский С.С., Россия (Bednarzhevsky S.S., Russia)

Надточий И.О., Россия (Nadtochy I.O., Russia)

Харуби Науфел, Тунис (Kharroubi Naoufel, Tunisia)

Чамсутдинов Н.У., Россия (Chamsutdinov N.U., Russia)

У Сунцзе, Китай (Wu Sunjie, China)

Аманбаев М.Н., Казахстан (Amanbayev M.N., Kazakhstan)

Ду Кунь, Китай (Du Kun, China)

Разделы конференции:

– Теория и методика обучения и воспитания
– Theory and Methods of Training and Education

– Профессиональное образование
– Professional Education

– Экологическая безопасность в строительстве
– Environmental Safety

Учредитель
МОО «Фонд развития науки и культуры»

УДК 373

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОФИЛАКТИКЕ ДЕЛИНКВЕНТНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКОВ В СОВРЕМЕННОМ СОЦИУМЕ

И.В. ДОГА, Л.К. ФОРТОВА

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Ключевые слова и фразы: делинквентное поведение подростков; инновации; общеобразовательные организации; профилактические меры; семейные ценности; современный социум.

Аннотация: В статье рассматриваются существующие новаторские подходы превенции делинквентного поведения несовершеннолетних. Исследуются ключевые положения российских ученых в области педагогики, социологии и психологии в комплексе педагогических, психологических и социальных инструментов профилактических мер по нивелированию делинквентного поведения подростков как в общеобразовательных организациях, так и в социуме в целом. Целью статьи является репрезентация инновационных подходов при решении проблем, возникающих у несовершеннолетних в семье, общеобразовательной организации, в обществе. Задачи: проанализировать уже имеющиеся теоретические изыскания в данной области; выявить практико-ориентированные подходы, нивелирующие зачатки делинквентного поведения подростков. Гипотеза: комплексное внедрение инновационных инструментов в общеобразовательные организации повысит роль профилактических мероприятий для превенции делинквентного поведения подростков в социуме. Результаты: проведен анализ теоретических и эмпирических изысканий, функциональных инновационных подходов превентивных мер делинквентности как социального явления.

Теоретические предпосылки инноваций в педагогической сфере многообразны и уникальны по своей сути, их активно внедряют общеобразовательные организации в воспитательный и учебный процессы в поисках действенных превентивных мер делинквентного поведения подрастающего поколения.

Приоритетными в данном контексте, безусловно, остаются морально-нравственные, духовные и семейные ценности личности современного социума. Большое влияние, как мы видим, оказывают в современных социально-экономических условиях динамично-позитивное применение цифровых платформ, информативность искусственного интеллекта, интерактивные методики обучения учащихся в общеобразовательных организациях с прицелом на достижение валидных установок на позитивную гражданско-правовую позицию несовершеннолетних в обществе. Проблема делинквентного поведения, по нашему мнению, не новая, характерные особенности этого феномена давно интересуют видных прогрессивных ученых нашего времени в области педагогики, социологии и психологии, а новые изыскания в направлении профилактических мер делинквентного поведения подростков в социуме инициируют проведение новых исследований, разработку различного рода моделей превенции, применение неизбитых методик и инструментов, целенаправленных на искоренение негативных наклонностей подростков не только в школе, но и в обществе в целом.

Особо хотим подчеркнуть значимость исследований по данной теме отечественных ученых, таких как Е.И. Ильянкова, В.Г. Белов [1, с. 12], М.А. Мирюкова и С.Г. Терскова и др. Обращение к изучению детерминантов делинквентного поведения несовершеннолетних является исходным моментом в научном труде Е.И. Ильянковой, которая доказала социальную релевантность проблематики, проявле-

ния «детерминант» делинквентного поведения, разделив их на две группы: «индивидуально-типологические, которые определяют склонность к криминальному поведению совокупностью значимых особенностей и свойств личности» и «социально-психологические, раскрывающие механизмы формирования криминального поведения под влиянием социально-психологических и ситуационных факторов» [4, с. 57].

Инновационным подходом в решении проблемы превенции делинквентного поведения подростков, по нашему мнению, представляет труд В.Г. Белова, выстраивающий «концепцию психолого-акмеологического сопровождения подростков с делинквентным поведением», инициирующий применение новаторской комплексно-целевой программы, которая, по мнению ученого, олицетворяет: «…взаимосвязь структурных и функциональных элементов, реализующих информационно-методическое, организационное и психологическое обеспечение процесса психолого-акмеологического сопровождения социализации подростков с делинквентным поведением, подчинено целям формирования у них нормативного поведения и адекватных ценностных ориентаций и интересов» [1, с. 12].

Для более полной характеристики рассматриваемого нами вопроса были изучены работы, в которых особый акцент делается на исследование механизмов делинквентного поведения в условиях современного социума, функционирование социальных институтов, решение задач, реализацию этих целей в обществе. Наиболее детальное исследование в данном контексте, как мы считаем, было проведено учеными М.А. Мирюковой и С.Г. Терсковой. В их понимании в век цифровизации и глобализации мирового пространства снижена и недооценена значимость института семьи, нивелирована роль образования, преуменьшено влияние социально-экономических преобразований, где итогом всего этого, по мнению авторов, становится видимый рост числа делинквентно-зависимых несовершеннолетних в социуме. Под влиянием всех этих факторов, без сомнения: «Возникают двойственность и дисгармония в восприятии ситуации, несовершеннолетние выражают протесты и теряют интерес к прежним увлечениям, при этом начинают проявлять самостоятельность, деятельность становится более разнообразной, происходит осознание своей социальной позиции», и мы все же позволим себе сделать небольшое дополнение к этому высказыванию о том, что в подростковом возрасте несовершеннолетние могут проявлять так называемую «самостоятельность» и «деятельность» не в позитивном ключе, а нередко могут быть замотивированы на противоправные деяния [5, с. 132].

Нельзя не отметить, что при кажущейся многоаспектности и обширности исследований еще многие свойства и механизмы превенции делинквентности недостаточно изведаны, и мы полностью разделяем мнение И.А. Протасовой о том, что делинквентное поведение несовершеннолетних не является преступлением: «…школьник еще не является субъектом преступления, и его социальные отклонения проявляются на уровне мелких правонарушений, в несоблюдении норм морали, правил поведения в общественных местах, в уклонении от общественно полезной деятельности, в употреблении веществ, нарушающих психическое и физическое здоровье» [6, с. 110]. И в данном контексте исследователь И.А. Протасова разделяет делинквентное поведение несовершеннолетних на «криминогенный» и «докриминогенный» уровни [6, с. 110]. В нашем понимании, «криминогенный уровень» отличается от «докриминногенного» именно тем, что социуму не наносится значительный вред в виде тяжких и особо тяжких преступлений, подлежащих уголовному наказанию. Важным считаем отметить, что вышеописанное рассуждение подтверждается ранними научными исследованиями Е.В. Змановской: «Делинквентное поведение рассматривается как противоправное поведение личности, отклоняющееся от установленных в данном обществе и в данное время законов, угрожающее благополучию других людей или социальному порядку и уголовно наказуемое в крайних своих проявлениях» [3, с. 97].

Первостепенное значение для решения поставленных нами задач имеют инновационные подходы профилактики делинквентного поведения подростков в социуме, непосредственно направленные на раннее предотвращение и правовую информированность о негативных последствиях за несоблюдение общепринятых норм и правил поведения как в обществе, так и в кругу сверстников. Приоритетная роль в данном контексте нами отдается общеобразовательной организации, где подростки проводят наибольшую часть времени, находятся под присмотром педагогического коллектива, в ин-

тересах которого скорректировать негативные побуждения, предотвратить конфликт, провести разъяснительную беседу.

В данной конкретной ситуации вступают в силу, по нашему мнению, механизмы, скорее всего, внеурочной воспитательной деятельности педагогов, а предназначение этой деятельности – исключить развитие негативных наклонностей на ранней стадии их проявления и переориентировать несовершеннолетних на позитивные эмоции и положительное разрешение того или иного конфликта.

Хотелось бы особо подчеркнуть тот факт, что возможности социально-педагогического воздействия напрямую коррелируются с интеграцией в воспитательный процесс игровых технологий, конструктивных диалогов о бесконфликтном общении и толерантном отношении к сверстникам, тематических бесед, культивирующих правовую грамотность несовершеннолетних.

Принципиально новые решения проблемы делинквентности подростков мы находим в работе Е.В. Васильевой и Е.Г. Хрисановой, которые исследовали инструменты вне-урочной деятельности в школе в младших классах, заостряя внимание педагогического состава на интеграцию социальных проектов, таких, например, как «Мы – граждане России», «Конституция Российской Федерации: права и обязанности граждан», «История государства российского», «Что значит быть гражданином?», «Как мы можем повлиять на развитие страны?» и др., мотивируя школьников на патриотизм, любовь к своей Родине, на правовую грамотность и социальную адаптацию [2, с. 65].

Авторы всецело поддерживают мнение ученых Е.В. Васильевой и Е.Г. Хрисановой о том, что внеурочная воспитательная деятельность педагогов в школе способствует формированию нравственного воспитания, а «гражданско-правовое просвещение формирует у детей уважение к окружающим, обществу, закону и является важной составляющей в профилактике делинквентного поведения … совместная работа всего класса создает положительный настрой, отвлекает от необдуманных и противоправных действий, а также укрепляет социальные связи и доброжелательные отношения в школьном сообществе» [2, с. 65].

Таким образом, теоретический анализ изученных исследований позволяет нам констатировать актуальность и востребованность разработки инновационных подходов к профилактике делинквентного поведения несовершеннолетних в социуме. И реализуя эти подходы как в общеобразовательные организации, так и в самом обществе, без сомнения, есть все возможности нивелирования такого поведения в подростковой среде.

Литература

1. Белов, В.Г. Концепция психолого-акмеологического сопровождения подростков с делинквентным поведением / В.Г. Белов // Ученые записки. – 2010. – № 9(67). – С. 12–15.

2. Васильева, Е.В. Внеурочная воспитательная деятельность как инструмент профилактики делинквентного поведения младших школьников / Е.В. Васильева, Е.Г. Хрисанова // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – 2025. – № 2(127). – С. 60–66.

3. Змановская, Е.В. Девиантология (Психология отклоняющегося поведения) : изд. 6-е, испр. / Е.В. Змановская. – М., 2018. – 288 с.

4. Ильянкова, Е.И. Аналитический обзор исследований детерминант делинквентного поведения несовершеннолетних / Е.И. Ильянкова // Прикладная психология и педагогика. – 2020. – Т. 5. – № 4. – С. 38–59.

5. Мирюкова, М.А. Социологический анализ подростковой делинквентности в контексте социальных институтов: по материалам социологического исследования / М.А. Мирюкова, С.Г. Терскова // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. – 2019. – № 1. – С. 131–137.

6. Позднякова, У.С. Понятие, признаки и формы девиантного и делинквентного поведения детей / У.С. Позднякова // Психолог. – 2013. – № 10. – С. 94–129.

7. Фортова, Л.К. Особенности поведения современных подростков в цифровом обществе / Л.К. Фортова, И.В. Дога // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – № 5(158). – С. 63–65.

References

1. Belov, V.G. Kontseptsiya psikhologo-akmeologicheskogo soprovozhdeniya podrostkov s delikventnym povedeniem / V.G. Belov // Uchenye zapiski. – 2010. – № 9(67). – S. 12–15.
2. Vasileva, E.V. Vneurochnaya vospitatelnaya deyatelnost kak instrument profilaktiki delinkventnogo povedeniya mladshikh shkolnikov / E.V. Vasileva, E.G. KHrisanova // Vestnik CHGPU im. I.YA. YAkovleva. – 2025. – № 2(127). – S. 60–66.
3. Zmanovskaya, E.V. Deviantologiya (Psikhologiya otklonyayushchegosya povedeniya) : izd. 6-e, ispr. / E.V. Zmanovskaya. – M., 2018. – 288 s.
4. Ilyankova, E.I. Analiticheskij obzor issledovanij determinant delinkventnogo povedeniya nesovershennoletnikh / E.I. Ilyankova // Prikladnaya psikhologiya i pedagogika. – 2020. – T. 5. – № 4. – S. 38–59.
5. Miryukova, M.A. Sotsiologicheskij analiz podrostkovoj delinkventnosti v kontekste sotsialnykh institutov: po materialam sotsiologicheskogo issledovaniya / M.A. Miryukova, S.G. Terskova // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: CHelovek i obshchestvo. – 2019. – № 1. – S. 131–137.
6. Pozdnyakova, U.S. Ponyatie, priznaki i formy deviantnogo i delinkventnogo povedeniya detej / U.S. Pozdnyakova // Psikholog. – 2013. – № 10. – S. 94–129.
7. Fortova, L.K. Osobennosti povedeniya sovremennykh podrostkov v tsifrovom obshchestve / L.K. Fortova, I.V. Doga // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – № 5(158). – S. 63–65.

© И.В. Дога, Л.К. Фортова, 2026

УДК 378.1

СИНХРОНИЗАЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МОДУЛЕЙ В НОВОЙ СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.А. КРУЧЕНКО, Д.А. МЕЛЬНИКОВ

НОУ ВО «Московский социально-педагогический институт», г. Москва

Ключевые слова и фразы: новая система высшего образования; интегрированные модули; практико-ориентированная подготовка; индивидуальные траектории обучения.

Аннотация: В статье представлено теоретико-методологическое обоснование проектирования интегрированных образовательных модулей в условиях перехода Российской Федерации на новую национальную систему высшего образования. Авторы анализируют механизмы синхронизации теоретической и практической подготовки через внедрение моделей «2+2», «2+2+2» и их вариаций, а также возможности индивидуализации обучения. Особое внимание уделено нормативно-правовому обеспечению многопрофильности квалификаций согласно ФЗ-144 и роли искусственного интеллекта в автоматизации проектирования программ на основе аналитики. Доказывается, что интеграция фундаментальных знаний и прикладных компетенций в приоритетных высокотехнологичных отраслях является ключевым фактором обеспечения технологического суверенитета страны.

Трансформация национальной системы высшего образования

Современный этап развития отечественной высшей школы характеризуется переходом к новой национальной модели, призванной обеспечить технологическое лидерство и суверенитет страны. Согласно Указу Президента РФ от 12.05.2023 № 343 «О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования» [1] инициирован отказ от Болонской системы в пользу двухуровневой структуры: базового (4–6 лет) и специализированного (1–3 года) высшего образования. Данная трансформация неразрывно связана с достижением национальных целей развития до 2030 г. и на перспективу до 2036 г., зафиксированных в Указе Президента РФ № 309 от 07 мая 2024 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [2], где в качестве приоритетов обозначены цифровая трансформация экономики и формирование талантов.

Критическим вызовом сегодня выступает необходимость «бесшовной» синхронизации фундаментальной теории и производственной практики. Как подчеркивает министр науки и высшего образования В.Н. Фальков, образовательная система должна оперативно реагировать на дефицит кадров в высокотехнологичных секторах [3]. Исходя из анализа отраслевых запросов, к ним относятся авиа- и ракетостроение, биомедицинские технологии, квантовые вычисления, производство полупроводников, ИТ-сфера и топливно-энергетический комплекс [4]. Целью статьи является поиск методологии проектирования модулей, объединяющих академическую глубину с прикладной гибкостью. Структурные изменения уровней образования требуют пересмотра самого принципа проектирования учебных планов, что будет рассмотрено далее.

Теоретико-методологические ориентиры проектирования образовательных программ

Проектирование программ в новой системе высшего образования (**ВО**) опирается на трен-

Таблица 1. Ориентиры развития новой системы высшего образования

№	Ориентир	Содержание и влияние на подготовку
1	Ориентация на работодателя	Сочетание фундаментальности и практики; вовлечение партнеров в проектирование; интеграция технологического предпринимательства [5]
2	Ориентация на рынок труда	Подготовка многопрофильных специалистов с несколькими квалификациями; возможность получения рабочей профессии в стенах вуза [6]
3	Индивидуализация обучения	Использование ИОТ и электронной информационно-образовательной среды для персонализации профессионального пути обучающегося
4	Сетевое взаимодействие	Повышение эффективности использования материально-технической, кадровой и инфраструктурной базы партнеров; академическая мобильность [5]

ды непрерывности и управления на основе данных. Методологический анализ позволяет выделить ключевые ориентиры развития, влияющие на баланс теоретического «ядра» и практического блока.

В этой связи экспертным сообществом предлагается типология программ по сфере применения (научно-ориентированные и практико-ориентированные) и степени использования цифровых технологий (онлайн-программы, смешанное обучение). В частности, в СПбПУ внедрена классификация, позволяющая выделять профильные треки внутри одной программы [5]. Переход к гибким траекториям диктует использование моделей «2+2» и «2+2+2».

Модели «2+2» и «2+2+2» как инструмент синхронизации подготовки

Концепция «2+2» предполагает разделение обучения на фундаментальное «общеразвивающее ядро» (первые 2 года) и стадию «профессионального погружения» (последующие годы). Это позволяет студенту осуществить осознанный выбор профиля в середине обучения, минимизируя риск отчислений.

Синтез опыта ведущих университетов (ТюмГУ, СПбПУ, ТГУ) позволяет выделить вариативность моделей, предлагаемых разными научными школами.

1. Модель «1+3»: широкое общеобразовательное ядро (1 год) и 3 года интенсивной профессионализации.

2. Модель «1+2+1»: фундаментальное ядро, профессиональный блок и получение двух специальностей на выходе.

3. Модель «1+3 с возможностью смены трека»: возможность корректировки направления после первого года профессиональной школы [6].

Центральным элементом построения блоков ОПОП является «Ядро вуза». В СПбПУ это обязательный блок дисциплин (история, философия, цифровая грамотность и т.д.), дополненный «Ядром полигруппы». Все направления подготовки в университете распределены по пяти полигруппам: физико-математическая, информационно-компьютерная, инженерно-технологическая, торгово-экономическая и гуманитарная [6]. Такое построение структуры позволяет обеспечить «бесшовный» переход студента между образовательными программами внутри одной полигруппы за счет единой теоретической базы. Основываясь на этом, гибкость траекторий требует внедрения специфических инструментов интеграции квалификаций.

Проектирование интегрированных модулей

Главной правовой основой для формирования расширенного перечня компетенций является Федеральный закон № 144-ФЗ от 26 мая 2021 г. «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [7]. Документ позволяет вузам проектировать программы, включающие компетенции нескольких направлений подготовки или укрупненных групп (УГСН).

На основе анализа практики выделяются три способа интеграции.

- Межпрофильная интеграция: получение квалификаций по нескольким специальностям одновременно (например, в дипломе указываются две квалификации).
- Интеграция с ДПО: сочетание основной программы с программами профессиональной переподготовки.
- Получение рабочей профессии: под-

готовка к сдаче квалификационного экзамена (*Skills Passport*) в период обучения.

Инструментом оперативной настройки программы служит модуль мобильности (*Minor*). Это элективный блок объемом 5–10 з.е., осваиваемый на 3–4 курсах бакалавриата или на 1–2 курсах магистратуры [6]. Он включает два блока: «Образовательный форсайт» (онлайн-курсы, часто межуниверситетские) и «Карьерная адаптивность» (традиционные элективы для получения компетенций смежного направления). Роль цифровых технологий в управлении такими конструктами становится определяющей.

Цифровизация и искусственный интеллект в проектировании программ

Цифровая трансформация переводит процесс создания учебных планов на уровень управления на основе аналитики. Как отмечает Е.М. Разинкина, использование искусственного интеллекта (**ИИ**) позволяет освободить разработчиков от рутинной работы и проектировать программы на основе «убедительной аналитики» рынка труда [8]. ИИ способен сопоставлять профессиональные стандарты с набором дисциплин, оптимизируя трудоемкость проектирования.

Представим ключевые инструменты синхронизации.

- Цифровые кафедры: проект, позволяющий студентам не ИТ-специальностей получить дополнительную квалификацию в сфере ИТ (уже зачислено более 280 тыс. человек за 2022–2023 гг.) [9].
- Цифровой след: механизм верификации практической подготовки, позволяющий строить рекомендации для коррекции ИОТ.
- Платформенные решения: Системы *Modeus* (ТюмГУ) и Репозиторий образовательных программ (СПбПУ) обеспечивают автоматизированное управление жизненным циклом программы и индивидуальными планами студентов [6].

Новое качество профессиональной подготовки

Внедрение интегрированных модулей в систему «2+2+2» позволяет преодолеть разрыв между академической теорией и динамичным рынком. Итогом обучения становится формирование трех типов компетенций: *Hard skills* (профессиональные), *Soft skills* (социально-коммуникативные) и *Self skills* [6]. Под *Self-skills* мы понимаем навыки самоопределения, самоорганизации и самообразования, позволяющие выпускнику самостоятельно строить жизненную программу в условиях неопределенности, в том числе компетенции, приобретаемые в рамках реализации рабочих программ и календарных планов воспитательной работы вузов, в соответствии с Федеральным законом № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. (с изменениями от 25 апреля 2026 г.) «Об образовании в Российской Федерации».

Проектирование программ в соответствии со стратегическими ориентирами Указа Президента РФ № 309 обеспечивает не просто выдачу диплома, а верифицируемую готовность специалиста к деятельности в высокотехнологичной среде.

Это закладывает фундамент для кадрового обеспечения приоритетных отраслей экономики и устойчивого развития национальной системы высшего образования.

Литература

1. О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования : Указ Президента РФ от 12.05.2023 № 343 // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202305120005.

2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 // КонсультантПлюс.

3. Фальков, В.Н. Модернизация высшего образования: новые возможности и принципиальные изменения : материалы доклада / В.Н. Фальков, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ukc-nica.ru/files/2024/winter_school/Falkov_dec_2023.pdf.

4. Алексеева, Ю.А. Актуализация образовательных программ с учетом изменения требований рынка труда / Ю.А. Алексеева // Казанская наука. – 2025. – № 12. – С. 40–42.

5. Панкова, Л.В. Модели проектирования образовательных программ для новой национальной системы высшего образования / Л.В. Панкова, В.В. Дубяго, А.Е. Итс // Научно-методическая

конференция в цифровом обществе. – СПб. : СПбПУ, 2024.

6. Мезенова, О.Я. Изменения в структуре и содержании подготовки кадров высшего образования в России: проектирование основных образовательных программ в новом формате / О.Я. Мезенова, А.В. Чернова, С.В. Агафонова // Актуальная биотехнология. – 2022. – № 1. – С. 139–143.

7. О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» : Федеральный закон от 26.05.2021 № 144-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации.

8. Разинкина, Е.М. Изменения в проектировании образовательных программ за счет использования искусственного интеллекта / Е.М. Разинкина // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2025. – № 2. – С. 96–110.

9. Антипина, Н.М. Цифровизация экономики в России: изменение вектора образовательных программ (2020–2025) / Н.М. Антипина, Т.А. Гусева, Е.Г. Жигирева, В.В. Сухов // Economy and Business: Theory and Practice. – 2025. – № 8(126). – С. 17–23.

10. Житиневич, Д.Г. Трансформация процесса проектирования образовательных программ в высшем образовании в условиях перехода на новую модель / Д.Г. Житиневич, К.Л. Полупан // Kant. – 2025. – № 4(57). – С. 299–304.

References

1. O nekotorykh voprosakh sovershenstvovaniya sistemy vysshego obrazovaniya : Ukaz Prezidenta RF ot 12.05.2023 № 343 // Ofitsialnij internet-portal pravovoj informatsii [Electronic resource]. – Access mode : http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202305120005.

2. O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda : Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2024 № 309 // KonsultantPlyus.

3. Falkov, V.N. Modernizatsiya vysshego obrazovaniya: novye vozmozhnosti i printsipialnye izmeneniya : materialy doklada / V.N. Falkov, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://ukcnica.ru/files/2024/winter_school/Falkov_dec_2023.pdf.

4. Alekseeva, YU.A. Aktualizatsiya obrazovatelnykh programm s uchetom izmeneniya trebovanij rynka truda / YU.A. Alekseeva // Kazanskaya nauka. – 2025. – № 12. – S. 40–42.

5. Pankova, L.V. Modeli proektirovaniya obrazovatelnykh programm dlya novoj natsionalnoj sistemy vysshego obrazovaniya / L.V. Pankova, V.V. Dubyago, A.E. Its // Nauchno-metodicheskaya konferentsiya v tsifrovom obshchestve. – SPb. : SPbPU, 2024.

6. Mezenova, O.YA. Izmeneniya v strukture i soderzhanii podgotovki kadrov vysshego obrazovaniya v Rossii: proektirovanie osnovnykh obrazovatelnykh programm v novom formate / O.YA. Mezenova, A.V. CHernova, S.V. Agafonova // Aktualnaya biotekhnologiya. – 2022. – № 1. – S. 139–143.

7. O vnesenii izmenenij v Federalnij zakon «Ob obrazovanii v Rossijskoj Federatsii» : Federalnij zakon ot 26.05.2021 № 144-FZ // Ofitsialnij internet-portal pravovoj informatsii.

8. Razinkina, E.M. Izmeneniya v proektirovanii obrazovatelnykh programm za schet ispolzovaniya iskusstvennogo intellekta / E.M. Razinkina // Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovanie. – 2025. – № 2. – S. 96–110.

9. Antipina, N.M. TSifrovizatsiya ekonomiki v Rossii: izmenenie vektora obrazovatelnykh programm (2020–2025) / N.M. Antipina, T.A. Guseva, E.G. ZHigireva, V.V. Sukhov // Economy and Business: Theory and Practice. – 2025. – № 8(126). – S. 17–23.

10. ZHitinevich, D.G. Transformatsiya protsessa proektirovaniya obrazovatelnykh programm v vysshem obrazovanii v usloviyakh perekhoda na novuyu model / D.G. ZHitinevich, K.L. Polupan // Kant. – 2025. – № 4(57). – S. 299–304.

© А.А. Крученко, Д.А. Мельников, 2026

УДК 371.3

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ НА УРОКАХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В СИСТЕМЕ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КИТАЯ

ЛИ СЯОКУНЬ, Г.В. МАРЧЕНКО

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова и фразы: уроки физической культуры; национальная идентичность; обязательное образование; патриотическое воспитание.

Аннотация: Статья посвящена вопросу формирования национальной идентичности школьников Китая в процессе занятий физической культурой и национальными видами спорта. Доказывается, что в условиях современного базового образования Китая физическая культура не ограничивается единственной задачей «укрепления здоровья и физического развития», а еще содействует формированию ключевых компетенций обучающихся, тесной связи с задачами нравственного воспитания и служению национальной стратегии развития страны. Цель исследования – выявление механизмов формирования национальной идентичности на уроках физической культуры в системе обязательного образования Китая. Гипотеза исследования состоит в предположении о том, что уроки физической культуры выступают эффективной образовательной средой реализации механизмов формирования национальной идентичности обучающихся. Методы исследования – теоретические: комплексный анализ, обобщение и систематизация; эмпирические: включенное наблюдение; наукометрический метод.

Эмпирический массив исследования составили нормативно-правовые и политические документы КНР, монографии китайских и зарубежных специалистов философского, социологического, психолого-педагогического характера и их научные статьи.

Введение

В процессе строительства современного национального государства школьное образование выполняет важную функцию формирования национального сознания, утверждения общих ценностей и укрепления социальной сплоченности. Для обучающихся начальной и средней школы, находящихся на ключевом этапе физического и психического развития, формирование национальной идентичности требует не только передачи знаний, но и опоры на переживания, практику и внутреннее усвоение традиционных ценностей в конкретных образовательных ситуациях. По сравнению с дисциплинами гуманитарного цикла уроки физической культуры отличаются ярко выраженной организованностью, интерактивностью и ситуативностью, благодаря чему обладают существенными воспитательными преимуществами в формировании дисциплины, осознания правил, духа сотрудничества, чувства ответственности и коллективной принадлежности. В условиях современного базового образования Китая физическая культура уже не ограничивается единственной задачей «укрепления здоровья и физического развития», а наделяется еще комплексной миссией содействия формированию ключевых компетенций обучающихся, тесной связи с задачами нравственного воспитания и служения национальной стратегии развития страны. Актуальность исследуемой авторами проблематики подтверждают результаты поиска по ключевым словам «национальная идентичность и физическая культура» на платформе научной электронной библиотеки *e-Library*

https://www.elibrary.ru/query_results.asp, где по схожей тематике было обнаружено только 86 из 79317527 публикаций, что составляет очень малый процент.

Концепция и методология исследования

Исходя из этого, целью исследования выступает выявление механизмов формирования национальной идентичности на уроках физической культуры в системе обязательного образования Китая.

Гипотеза исследования состоит в предположении о том, что уроки физической культуры являются эффективной образовательной средой реализации механизмов формирования национальной идентичности обучающихся.

Методы исследования – теоретические: комплексный анализ, обобщение и систематизация нормативно-политической основы, педагогической практики преподавания физической культуры, логика организации и проведения урока физической культуры на этапе обязательного образования в Китае; эмпирические: включенное наблюдение образовательного процесса и обучающихся в ходе занятий физической культурой в системе обязательного образования Китая; наукометрический метод, позволивший подтвердить актуальность исследуемой проблематики.

Эмпирический массив исследования составили нормативно-правовые и политические документы КНР, монографии китайских и зарубежных специалистов философского, социологического, психолого-педагогического характера и их научные статьи.

Результаты и их обсуждение

Нормативно-политической основой формирования национальной идентичности средствами физической культуры выступает документ Министерства образования КНР «Руководящие положения по реформе преподавания предмета “Физическая культура и здоровье”» (2021). В нем прямо указывается, что преподаватели физической культуры должны опираться на «идеи Си Цзиньпина о социализме с китайской спецификой новой эпохи, проводить в жизнь образовательную политику партии, реализовывать коренную задачу воспитания нравственно развитой личности, исходя из положения о том, что «здоровье прежде всего» … и вносить существенный вклад средствами физической культуры в реализацию стратегий «Здоровый Китай» и «Спортивная держава» [1]. Это доказывает, что сегодня школьная физическая культура уже включена в систему национальных стратегий, а ее образовательные цели направлены не только на физическое развитие личности, но и на удовлетворение потребностей государственного развития и формирование ценностных ориентиров населения.

Принятый в 2022 г. «Стандарт курса “Физическая культура и здоровье” для обязательного образования» конкретизировал задачи уроков физической культуры по формированию у обучающихся ключевых компетенций в трех сферах: двигательные навыки, здоровьесберегающее поведение и спортивная нравственность [2]. Спортивная нравственность предполагает воспитание у обучающихся стремления к прогрессу, командного духа, соблюдения правил, уважения к другим, чувства ответственности и правильного отношения к победе и поражению. Хотя эти качества имеют вроде бы косвенное отношение к национальной идентичности, заключенные в них смыслы и идеи коллективизма, общей ответственности и законопослушания и составляют важнейшую основу формирования национальной идентичности.

Таким образом, цели и содержание физической культуры на этапе обязательного образования приобретают все большую воспитательную направленность. Формирование ключевых компетенций в области физической культуры предполагает решение таких задач, как физическое развитие и овладение двигательными навыками и их применение для повышения уровня физической подготовки обучающихся; освоение знаний, умений и навыков в области здоровья и безопасности, формирование привычек к здоровому образу жизни; активное участие в спортивной деятельности и воспитание надлежащих спортивно-нравственных качеств [2]. Это свидетельствует о том, что образовательная функция физической культуры уже вышла за рамки исключительно спортивной подготовки и включает в себя всестороннее физическое, интеллектуальное и нравственное развитие.

Согласно государственному образовательному стандарту, содержание физической культуры группируется в пять блоков: базовые двигательные навыки, физическая подготовка, образование в области здоровья, специальные спортивные навыки и междисциплинарное те-

матическое обучение. Такая структура содержания не только акцентирует развитие практических двигательных умений обучающихся, но и создает пространство для интеграции физической культуры с нравственным воспитанием, оборонным образованием, эстетическим воспитанием и трудовым воспитанием. Иными словами, само содержание предмета уже обеспечивает необходимые условия для формирования национальной идентичности школьников. Цели и содержание физической культуры, обозначенные государством, реализуются учителями с помощью разнообразных методов, применяемых для внедрения в канву урока механизмов формирования национальной идентичности.

Одним из таких механизмов выступает формирование осознанной дисциплины и коллективистских установок посредством соблюдения строгого порядка на уроке и строевых упражнений.

В практике школьного физического воспитания в Китае урок физической культуры, как правило, организуется в соответствии с классической структурой: «подготовительная – основная – заключительная части» [3, с. 348]. При этом подготовительная часть обычно включает построение, проверку присутствующих, объявление задач урока и разминку. Как правило, учитель требует от обучающихся соблюдения принципа «быстро, тихо, ровно», то есть быстрого сбора, тишины в строю и четкого выравнивания шеренг. Точность и четкость команд учителя, строгая дисциплина на уроке, а также стройность и упорядоченность построений нередко рассматриваются как важные критерии оценки качества урока физической культуры. Подобная высокоорганизованная и упорядоченная структура урока отражает характерное для китайского школьного образования внимание к дисциплине и духу коллективизма.

Еще одним механизмом решения стоящих перед учителями задач можно рассматривать формирование духа сплоченности и сотрудничества посредством кооперативного обучения и коллективных соревнований. В условиях доминирования классно-урочной системы кооперативное обучение выступает важным методом преподавания на уроках физической культуры в Китае. Обучающиеся в составе малых групп или команд участвуют в учебной деятельности, предполагающей четкое распределение обязанностей, взаимную поддержку и сотрудничество ради выполнения общей задачи. В этом процессе учитель, как правило, повышает эффективность кооперативного обучения посредством стимулирования мотивации к сотрудничеству, рационального формирования групп и использования оценочно-поощрительных средств.

Кооперативное обучение помещает индивида в систему групповых отношений, позволяя обучающимся в реальном взаимодействии осмыслить внутреннюю связь в системе «личность – коллектив – общая цель». В ходе сотрудничества школьники учатся коммуникации, взаимопомощи, распределению ролей и принятию ответственности, а в соревновании переживают чувство коллективной чести и дух совместной борьбы. Для обучающихся, находящихся на этапе базового образования, такая логика конструирования идентичности (от сотрудничества в малой группе к классному коллективу, а затем к национальному сообществу) обладает очевидной педагогической целесообразностью.

Расширение содержательного измерения формирования национальной идентичности посредством междисциплинарного обучения, выступающего важным способом повышения комплексной грамотности обучающихся, представляет собой еще один механизм формирования национальной идентичности. Государственный образовательный Стандарт требует интеграции физической культуры с нравственным, интеллектуальным, эстетическим, трудовым и оборонно-патриотическим воспитанием, предлагая для этого такие тематические направления, как «Стальной боец», «Труд – превыше всего» и «Гармоничное сосуществование человека и природы». В качестве примера можно привести тему «Стальной боец», сочетающую физическую культуру с оборонным образованием и патриотическим воспитанием. В Стандарте предусмотрены учебные ситуации разного уровня сложности для разных ступеней обучения: в младших классах (1–2) реализуется тема «Маленький боец специального назначения», в рамках которой на основе истории становления и развития Народно-освободительной армии Китая проводится начальное оборонное просвещение; в средних классах (3–4) тема «Юный герой» направлена на то, чтобы обучающиеся в процессе физической подготовки проживали ролевые задачи солдата, пожарного и других общественно значимых персонажей; в старших классах начальной и в неполной средней школе (5–9) обучение связывается с научно-популяр-



Рис. 1. Связь механизмов формирования национальной идентичности с целевым и содержательным компонентами Государственных образовательных стандартов и образовательной программой в КНР

ными знаниями в области национальной обороны, достижениями строительства вооруженных сил и героическими подвигами революционных мучеников [2]. Связь механизмов формирования национальной идентичности обучающихся визуализирует рис. 1.

Механизм стимулирования сопереживания, усиления эмоционального воздействия патриотического воспитания путем создания специальных педагогических ситуаций успешно применяется для формирования национальной идентичности. Метод применения подобных ситуаций сегодня выступает важным способом формирования национальной идентичности. Помимо используемых в вышеупомянутом оборонном образовании ситуаций, основанных на практическом сопереживании, в современной педагогической практике учебные ситуации могут также создаваться с помощью спортивных плакатов, видеоматериалов, музыкального сопровождения, заранее поставленных вопросов и других средств. Кроме того, развитие цифровых технологий открыло новые пути интеграции виртуальной реальности и физической культуры. Так, моделирование сцен победы спортсменов на соревнованиях, выхода на пьедестал почета под звуки государственного гимна, а также напряженных тренировок позволяет вызвать у обучающихся эмоциональный отклик в условиях иммерсивного переживания и углубить их понимание национальной чести [3].

Заключение

Политико-нормативная законодательная база обязательного образования в Китае создала благоприятные условия для формирования национальной идентичности. Требования действующего образовательного Стандарта к урокам физической культуры на этапе обязательного образования обуславливают внимание учителя к вопросам укрепления осознанной дисциплины обучающихся посредством строгого порядка на занятиях строевой подготовки; формирования коллективного сознания через кооперативное обучение, групповые упражнения и командные соревнования; расширения содержательных границ патриотического воспитания и повышения его педагогической результативности за счет междисциплинарной интеграции и применения ситуативного метода обучения. Тем самым формирование нацио-

нальной идентичности средствами физической культуры на этапе обязательного образования в Китае характеризуется выраженной нормативно-политической направленностью, коллективным характером, дисциплинированностью и междисциплинарностью.

Литература

1. Руководство по реформе преподавания «Физической культуры и здоровья» (пробное издание) / Министерство образования КНР [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_938/s3273/202107/t20210721_545885.html.
2. Стандарт курса «Физическая культура и здоровье» для обязательного образования / Министерство образования Китайской Народной Республики, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-04/21/content_5686535.htm.
3. Пань, Ш.В. Школьная спортивная наука / Ш.В. Пань, К.Х. Юй. – Пекин : Высшее образование, 2016. – С. 348.

References

1. Rukovodstvo po reforme prepodavaniya «Fizicheskoj kultury i zdorovya» (probnoe izdanie) / Ministerstvo obrazovaniya KNR [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupa : http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_938/s3273/202107/t20210721_545885.html.
2. Standart kursa «Fizicheskaya kultura i zdorove» dlya obyazatelnogo obrazovaniya / Ministerstvo obrazovaniya Kitajskoj Narodnoj Respubliki, 2022 [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupa : https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-04/21/content_5686535.htm.
3. Pan, SH.V. SHkolnaya sportivnaya nauka / SH.V. Pan, K.KH. YUj. – Pekin : Vysshee obrazovanie, 2016. – S. 348.

© Ли Сяокунь, Г.В. Марченко, 2026

УДК 372.881.161.1

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ В УСЛОВИЯХ МНОГОЯЗЫЧИЯ И МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ

П.В. МАРКИНА, А.Х. ХИДЖУРОВА

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», г. Барнаул

Ключевые слова и фразы: поликультурная образовательная среда; обучение русскому языку как иностранному; начальная школа Республики Казахстан; коммуникативно-деятельностный подход; этнолингводидактика; лингвокультурологический подход; межкультурная коммуникация.

Аннотация: Цель статьи состоит в анализе современных подходов к обучению русскому языку в условиях поликультурной и многоязычной образовательной среды Республики Казахстан. Задачи работы: рассмотрение методических подходов (коммуникативного, поликультурного, деятельностного и когнитивно-коммуникативного), обеспечивающих формирование коммуникативной компетенции у учащихся начальной школы в условиях неродного языкового окружения. Гипотеза исследования заключается в том, в исследовании эти подходы рассматриваются как взаимодополняющие компоненты современной лингводидактической системы. Методами исследования являются методы анализа, обобщения и описания. Результаты исследования показывают, что наибольшую эффективность демонстрирует комплексное применение указанных подходов, обеспечивающее развитие речевой активности, критического мышления и межкультурной компетенции младших школьников. Делается вывод о том, что поликультурная образовательная среда при условии методически грамотной организации выступает значимым фактором повышения качества языкового образования.

Современная образовательная реальность Республики Казахстан характеризуется выраженным многоязычием и значительным культурным разнообразием. Русский язык, сохраняя свою роль ключевого средства межнационального общения, для существенной части школьников не является родным. Эта ситуация особенно актуальна для юга страны, где в пределах одного класса могут обучаться представители различных этносов – казахи, дунгане, кыргызы, таджики, которые вне стен школы используют родной язык. Традиционный подход, предполагающий «одну методику для всех», в этих условиях демонстрирует свою методологическую несостоятельность.

Работа опирается на основные идеи казахстанских ученых К.К. Кадашева, Ф. Оразбаева, Л.С. Сырымбетова. Их опыт использован для разработки казахстанской модели овладения языком, адаптированной под билингвальное пространство страны. В аспекте минимизации влияния родного языка на изучаемый русский язык теоретико-методологической базой для исследований послужили труды А.Е. Карлинского, М.К. Исаева, А.Е. Агманова и Б.Х. Хасанова. Межкультурный (лингвострановедческий) подход, который применяется в обучении русскому языку в многонациональной среде Казахстана и направлен на формирование равноправия языков и навыков построения диалога с представителями разных этносов, обоснован в работах И.И. Халеевой и Р.З. Загидуллина.

На современном этапе обучение русскому языку ориентировано на две фундаментальные задачи: формирование полноценной коммуникативной компетенции и сохранение уважения к родной культуре обучающегося.

Подобные условия требуют переосмысления традиционной грамматико-ориентированной модели преподавания и внедрения интегра-

тивных технологий обучения.

Идеи коммуникативного, деятельностного и поликультурного подходов нашли свое закрепление в нормативных документах, таких как Государственный общеобязательный стандарт образования (**ГОСО**) Республики Казахстан. Его практическая реализация отражает доминирующие тенденции в современной лингводидактике.

Коммуникативная направленность является центральным элементом современной методики обучения русскому языку. Наблюдается смещение акцента с формального заучивания грамматических правил на развитие активной речевой деятельности. Задача педагога заключается не столько в объяснении теоретических аспектов глагола, сколько в формировании у учащихся способности к его практическому употреблению в речи.

В соответствии с требованиями ГОСО обучение строится на принципе «язык как средство общения» [2, с. 76]. В начальной школе данный принцип реализуется через создание условий для активного речевого взаимодействия. К таким условиям относятся игровые диалоги, инсценировки, работа в парах и мини-группах. На уроках целенаправленно создаются реальные или максимально приближенные к реальным речевые ситуации: «Позвони другу», «Пригласи на день рождения», «Расскажи, что делал вчера». Такая практико-ориентированная модель обучения способствует формированию устойчивых коммуникативных навыков.

Современная школа в Казахстане – это не просто образовательное учреждение, а развивающаяся среда, где происходит активное взаимодействие различных языков и культур. Для одних учащихся русский язык является родным, для других – вторым, а иногда и третьим. Это не является формальным признаком, а представляет собой объективную реальность, которая ежедневно определяет специфику построения урока.

Когда ученик не понимает язык, на котором к нему обращаются, это часто приводит к снижению его речевой активности, вызывает у него чувство неуверенности. Поэтому одной из первостепенных задач поликультурного подхода является устранение этого барьера. Родной язык используется как опора или «мост» для освоения русского языка.

В условиях поликультурной школы игнорирование родного языка ученика является методологически неверным. Исследователи подчеркивают: запрет родного языка создает психологический барьер, тогда как его осознанное включение в образовательный процесс значительно снижает тревожность и способствует более эффективному усвоению нового языка [1; 3]. В Казахстане учитель активно использует сопоставительный анализ. В тетради ученик может делать двуязычную запись.

Анализ современных подходов к обучению русскому языку школьников в Республике Казахстан проходит через рассмотрение проблем преподавания в поликультурной образовательной среде [4]. Важно формирование коммуникативной компетенции в школах с нерусским языком обучения.

Само определение современного состояния и подходов к преподаванию в поликультурной среде, оптимальных методов и приемов преподавания русского языка в условиях поликультурной образовательной среды должно способствовать улучшению работы учителя русского языка в смешанной школе. Так, особенности организации обучения не на родном, а на изучаемом языке должны определять специфику профессиональной подготовки учителей и систему их учебно-методической работы [5, с. 112].

В рамках коммуникативного подхода урок строится таким образом, чтобы учащиеся активно говорили. Ролевые игры, диалоги, совместное обсуждение задач – все это становится обязательной частью учебного процесса. Умение общаться является основой практической деятельности людей во всех сферах жизни. Но многие учащиеся затрудняются сформулировать свои собственные идеи, правильно подобрать нужные слова, грамотно написать сообщение.

Сегодня вопрос о формировании коммуникативных навыков у школьников закреплен в образовательных стандартах. Русский язык как средство общения в повседневной жизни и образовательной деятельности был и остается одной из целей изучения в школе.

Содержание курса и программа определяются общим направлением образовательного процесса на развитие всех навыков общения, которые включают в себя усвоение всех видов речи.

Поликультурный подход предполагает, что учитель учитывает родной язык ученика, его культурный бэкграунд. В последние годы проблема развития русского языка в условиях по-

ликультурной образовательной среды привлекает особое внимание педагогов и исследователей [6]. В современном мире школа является наиболее эффективным средством формирования культуры межнациональных отношений.

Исходя из этого, проблема преподавания русского языка в многонациональной школе имеет как образовательное, так и социальное значение.

Есть необходимость создания комфортной социальной и культурной среды, способствующей успешной адаптации и интеграции учащихся [7].

Поликультурный класс может быть как многоязычным, так и преимущественно моноязычным, с однородным или разнородным языковым составом, что требует гибкости и индивидуализации методических решений.

Преимущество деятельностного подхода состоит в том, что он может использоваться при реализации любой из действующих образовательных программ и сочетаться с современными технологиями и методами обучения. Среди них можно выделить: различные виды диктантов, игровые формы работы, технологии развития критического мышления, проектную деятельность, информационно-коммуникационные технологии, технологии, направленные на сохранение здоровья учащихся.

Системно-деятельностный подход предполагает отказ от традиционного объяснительно-иллюстративного метода и переход к более активным методам обучения: частично-поисковому, исследовательскому, проектному. При этом фронтальная форма работы постепенно уступает место индивидуальной и групповой.

Таким образом, приоритет получают формы организации учебного процесса, основанные на самостоятельной и совместной деятельности учащихся под руководством педагога.

Главная особенность деятельностного подхода заключается в том, что новые знания не сообщаются в готовом виде, а осваиваются учениками в процессе поиска и исследовательской работы. Роль учителя сводится к созданию условий и направлению познавательной активности.

В ходе урока учащиеся работают с различными источниками информации, включая современные средства коммуникации, анализируют поступающую информацию, формулируют собственные выводы и суждения, решают практические и познавательные задачи, отражающие реальные жизненные ситуации, примеряют на себя социальные роли через участие в обучающих играх и тренингах, моделирующих действительность, отстаивают свою точку зрения, аргументируют позицию, участвуют в дискуссиях по актуальным вопросам. При такой организации процесса функция учителя меняется.

Когнитивно-коммуникативный метод характеризуется современными исследователями как один из наиболее эффективных для развития познавательного интереса учащихся.

В преподавании реализуются лингводидактические принципы сознательности и коммуникативности. Они определяют стратегию учебного занятия, систему обучения русскому языку в целом: цели, содержание, методы и средства обучения, технологию обучения, диагностику уровня владения языком и речью.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что работа в поликультурной образовательной среде начальной школы смешанного типа требует комплексного методического подхода, основанного на сочетании коммуникативного, поликультурного, деятельностного и когнитивно-коммуникативного направлений.

В реальной педагогической практике они наиболее эффективно работают в системе, дополняя друг друга. Интеграция этих подходов позволяет не просто передавать языковые знания, а формировать у младших школьников способность к живому речевому взаимодействию, постепенному осознанию языка как средства межкультурного общения. При этом особую значимость приобретает учет родного языка и культурного опыта учащихся.

Практическое наблюдение показывает, что эффективность обучения в значительной степени зависит от того, насколько учитель способен гибко выстраивать урок, сочетая различные формы деятельности и создавая условия для активного участия каждого ребенка. В этой связи роль педагога смещается от трансляции готовых знаний к организации учебного процесса и сопровождению речевого развития учащихся.

Таким образом, поликультурная среда начальной школы смешанного типа в условиях Казахстана представляет собой не ограничивающий, а развивающий фактор, который при грамотной методической организации способствует более глубокому и устойчивому формированию языковой и коммуникативной компетенции младших школьников.

Литература

1. Амшоков, Х.Х. Теоретические основы двуязычия и практика взаимосвязанного обучения устной речи на родном и русском языках : дис. … канд. пед. наук / Х.Х. Амшоков. – М. : Ин-т национальных проблем образования, 1999. – 204 с.

2. Архипова, Е.В. Основы методики развития речи учащихся: учебник и практикум для среднего профессионального образования : 3-е изд., испр. и доп. / Е.В. Архипова. – М. : Юрайт, 2020. – 177 с.

3. Боченкова, М.Ю. Дидактические, лингвистические и психолого-педагогические аспекты подготовки будущих педагогов к работе с детьми-билингвами / М.Ю. Боченкова // Грани познания. – 2016. – № 3(46). – С. 6–9.

4. Маркина, П.В. Особенности поликультурной образовательной среды Казахстана в аспекте обучения русскому языку как иностранному / П.В. Маркина, А.Х. Хиджурова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2025. – № 1(166). – С. 295–298.

5. Маркина, П.В. Проблемы билингвального обучения в Республике Казахстан / П.В. Маркина, А.Х. Хиджурова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(163). – С. 96–99.

6. Маркина, П.В. Использование страноведческой информации при развитии проекта коммуникативной компетенции на занятиях по русскому языку как иностранному в иноязычной среде обучения / П.В. Маркина, С.В. Филиппов // Мир науки, культуры, образования. – 2020. – № 4(83). – С. 51–53.

7. Хамраева, Е.А. Обучение русскому языку в поликультурной образовательной среде / Е.А. Хамраева // Педагогика. – 2016. – № 8. – С. 72–78.

References

1. Amshokov, KH.KH. Teoreticheskie osnovy dvuyazychiya i praktika vzaimosvyazannogo obucheniya ustnoj rechi na rodnom i russkom yazykakh : dis. … kand. ped. nauk / KH.KH. Amshokov. – M. : In-t natsionalnykh problem obrazovaniya, 1999. – 204 s.

2. Arkhipova, E.V. Osnovy metodiki razvitiya rechi uchashchikhsya: uchebnik i praktikum dlya srednego professionalnogo obrazovaniya : 3-e izd., ispr. i dop. / E.V. Arkhipova. – M. : YUrajt, 2020. – 177 s.

3. Bochenkova, M.YU. Didakticheskie, lingvisticheskie i psikhologo-pedagogicheskie aspekty podgotovki budushchikh pedagogov k rabote s detmi-bilingvami / M.YU. Bochenkova // Grani poznaniya. – 2016. – № 3(46). – S. 6–9.

4. Markina, P.V. Osobennosti polikulturnoj obrazovatelnoj sredy Kazakhstana v aspekte obucheniya russkomu yazyku kak inostrannomu / P.V. Markina, A.KH. KHidzhurova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2025. – № 1(166). – S. 295–298.

5. Markina, P.V. Problemy bilingvalnogo obucheniya v Respublike Kazakhstan / P.V. Markina, A.KH. KHidzhurova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : NTF RIM. – 2024. – № 10(163). – S. 96–99.

6. Markina, P.V. Ispolzovanie stranovedcheskoj informatsii pri razvitii proekta kommunikativnoj kompetentsii na zanyatiyakh po russkomu yazyku kak inostrannomu v inoyazychnoj srede obucheniya / P.V. Markina, S.V. Filippov // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2020. – № 4(83). – S. 51–53.

7. KHamraeva, E.A. Obuchenie russkomu yazyku v polikulturnoj obrazovatelnoj srede / E.A. KHamraeva // Pedagogika. – 2016. – № 8. – S. 72–78.

© П.В. Маркина, А.Х. Хиджурова, 2026

УДК 57.081

Assessment of Students' Adaptive Status by Electroencephalogram Parameters

E.V. SHALOMOVA, A.M. ZUBKOVA, D.A. TITOVA

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir

Keywords and phrases: assessment of adaptive state; EEG parameters; alpha rhythm.

Abstract: The purpose of the article is to assess the adaptive state of students studying at Vladimir State University by electroencephalogram (**EEG**) parameters. Research objectives: to evaluate the characteristics of the alpha rhythm (synchronization and desynchronization reactions, alpha rhythm index); identify adaptation groups of students by electroencephalogram parameters; assess rhythm acquisition during photostimulation. The hypothesis of the study: we assume that our recording of the electroencephalogram will allow us to assess the alpha rhythm at rest, the assimilation of the rhythm during photostimulation, as well as the adaptive state of students aged 18 to 23 years. Research methods included analysis, synthesis, and study of practical application. Results achieved are as follows: the study showed that most students with closed eyes had a high and medium alpha rhythm (97 % were girls, 53 % were boys); girls predominate in the highly adaptive group (47 %), young men predominate in the medium and low adaptive group (53 % and 30 %, respectively); when carrying out photostimulation, the complete assimilation of the imposed rhythm is characteristic of 90 % of students, both girls and boys.

Most students experience stress while studying at the university, which can lead to various diseases. Changes such as lifestyle changes and unfavorable microclimates cause stress. Therefore, it is relevant to maintain the effectiveness of students' learning and health by assessing the functional state of the body and its adaptive capabilities, since. the better the body adapts, the lower the risk of various diseases.

Electroencephalography (**EEG**) is a method for studying the functional state of the brain by recording its bioelectric activity, it allows you to identify the connection between the biorhythmological characteristics of the brain with the adaptive capabilities of a person. On this basis, the Soviet and Russian physiologist S.I. Soroko identified the following adaptation groups:

1) highly adaptive type with a pronounced alpha rhythm with closed and open eyes in the occipital leads;

2) medium adaptive type with alpha rhythm expressed only with closed eyes;

3) low adaptive type with a low alpha rhythm index with closed and open eyes [2].

The essence of the technique is to register the pulses with special electrodes and then process them using a computer program. An EEG is characterized by the presence of several basic rhythms, each corresponding to a specific frequency range. These include delta rhythm, theta rhythm, alpha rhythm, beta rhythm, and gamma rhythm.

Alpha rhythm is a well-defined, rhythmic electrical activity of the brain, with a frequency of 7.5 to 13 Hz and an average amplitude of 60–80 μV. It is common in healthy adults (over 85 %) in a relaxed awake state with eyes closed. The alpha rhythm index (the percentage of time it is present) is usually 75–95 %. It is calculated in those leads where this rhythm is most clearly expressed.

The reaction to eye opening, which is activation after a period of rest, reflects the inertia of inhibitory processes in the nervous system. The reaction to closing the eyes, meaning the transition from an active state to rest, reflects the inertness of the excitation processes. Photostimulation was also performed. The method consists in the fact that the subject is shown rapidly repeating light flashes. These flashes, delivered at 5 to 30 times per second, stimulate brain activity. The procedure consists of a series of flashes lasting 10–20 seconds,

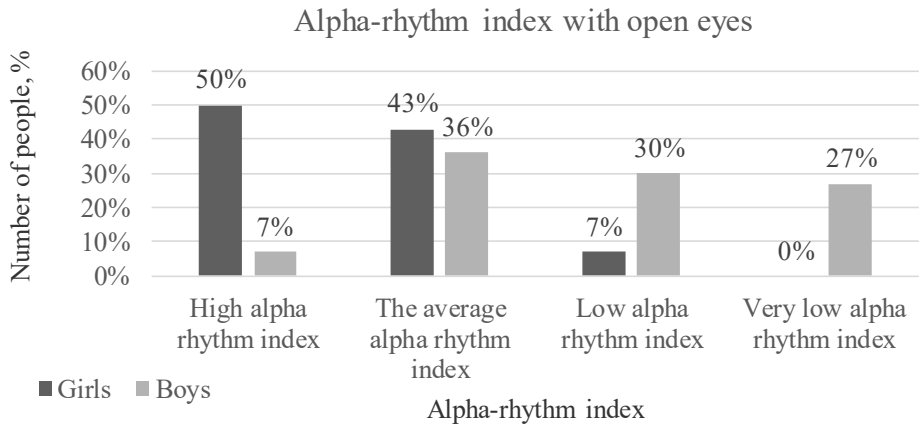

Fig. 1. Open eyes alpha rhythm index

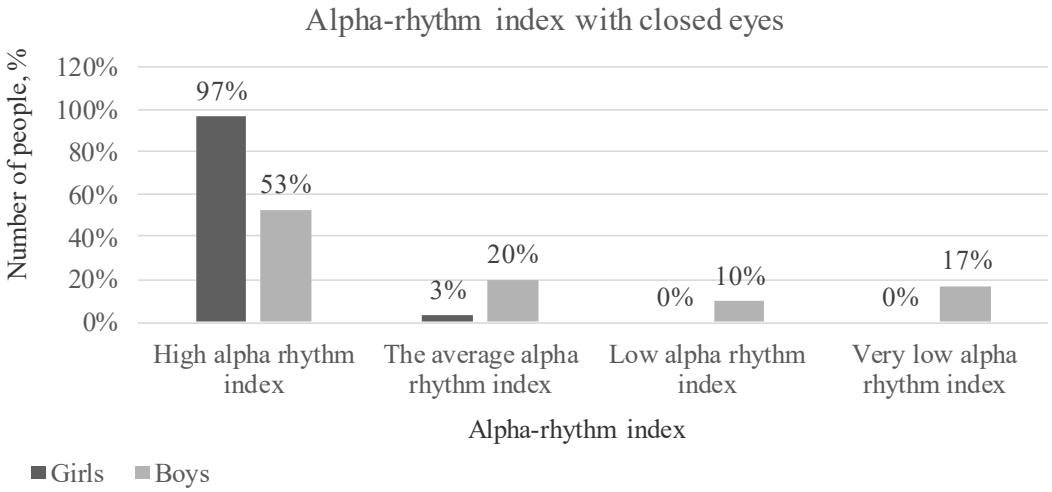

Fig. 2. Closed eyes alpha rhythm index

with short breaks between series, which use a frequency from 2 to 24 Hz. This makes it possible to reveal how sensitive a person is to light [1]. Students were examined in a calm state in an equipped laboratory room, sitting in a chair, without the influence of distractions and movement. Bioelectric activity of the brain was recorded in standard monopolar 19 (A1; A2) leads on the Mitsar electroencephalograph. An alpha rhythm analysis technique was performed and used to isolate adaptive groups of students. It is an alpha rhythm index score with eyes open and closed.

Of the 60 students examined, it turned out that 50 % of the girls had a high alpha rhythm index. In male students, a high alpha rhythm index was observed in only 7 %. The average alpha rhythm index prevailed in 43 % of girls, in boys – 36 %. A low alpha rhythm index was observed in 30 % of male students, in girls the index was only 7 %. A very low alpha rhythm index prevailed only in young men, which was 27 % (Fig. 1).

Of the 60 students examined, it turned out that 97 % of the girls had a high alpha rhythm index, while the boys had an index of 53 %. 20 % of male students had an average alpha rhythm index. Girls had an average alpha rhythm index of 3 %. Low and very low alpha rhythm indices prevailed only in male students. The low alpha rhythm index is 10 % and the very low alpha rhythm index is 17 % (Fig. 2).

Adaptation capabilities were also assessed from electroencephalography using an alpha rhythm index. And according to the degree of decrease in the alpha rhythm index at eye opening, three adaptation groups were identified (Fig. 3).

The first (highly adaptive) group is dominated

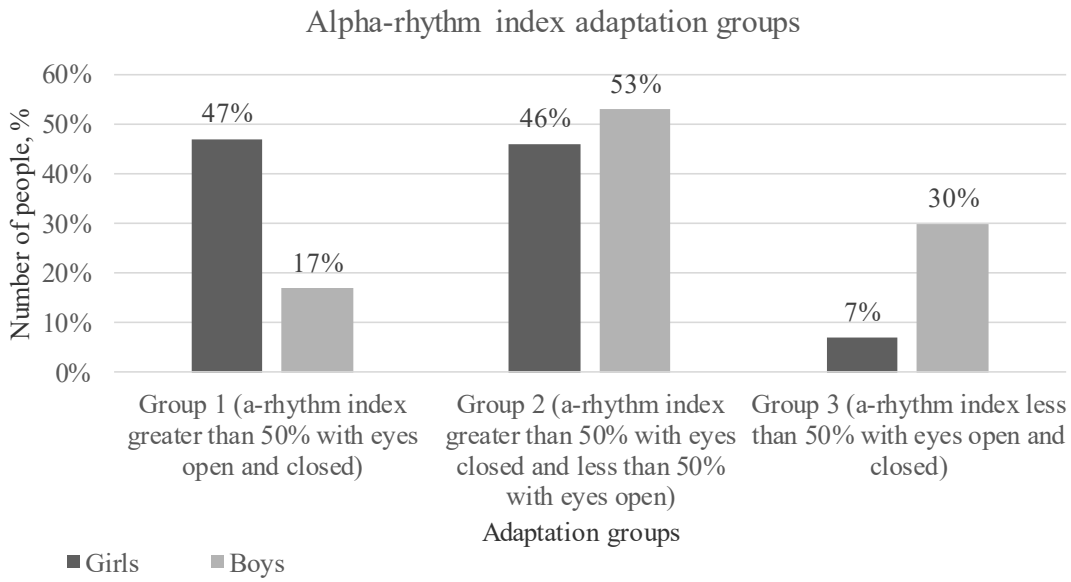

Fig. 3. Alpha rhythm index adaptation groups

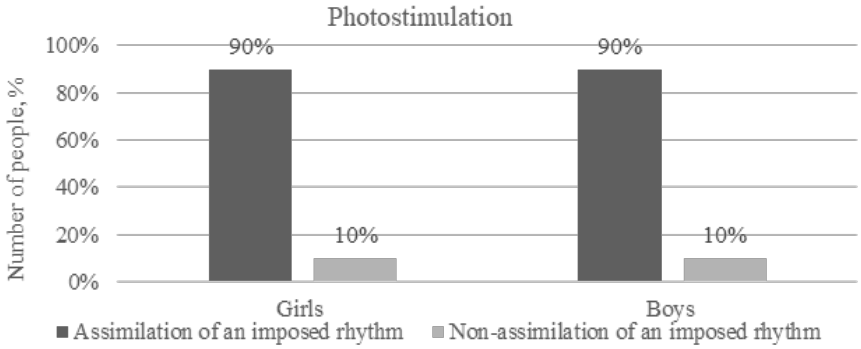

Fig. 4. Reactions of students under study to photostimulation

by the percentage of girls (47 %), which indicates their high type of resistance to adverse factors. In the second (medium adaptive) group, young men have an average type of resistance to adverse factors (53 %). Belonging to the third (low adaptive) group indicates a low type of resistance to adverse factors and young men in this group make up 30 %. During photostimulation, full absorption of the imposed rhythm is typical for 90 % of students, which indicates a high lability of nervous processes (Fig. 4).

Thus, our assessment of the characteristics of the alpha rhythm showed that most students with closed eyes showed a high and medium alpha rhythm. Girls had a high alpha rhythm index of 97 % and an average of 3 %. Male students had a high alpha rhythm index of 53 % and an average of 20 %. When the eyes were opened, the subjects showed a typical desynchronization reaction and the index decreased. In the first group, 47 % of the total were girls, which indicates their high resistance to adverse factors. In the second group, 53 % of all subjects were young men who have an average type of stability. In the third group, 30 % of the total were male students, which indicates their low resistance to adverse factors. Assessment of rhythm absorption during photostimulation showed that 90 % of students, both girls and boys, had complete rhythm absorption, and 10 % had complete non-absorption of photostimulation, which indicates a decrease in the lability of nervous processes, possibly as a result of fatigue or stress.

Литература

1. Звездочкина, Н.В. Исследование электрической активности головного мозга человека : учебно-метод. пособие / Н.В. Звездочкина. – Казань : Казанский федеральный университет, 2014. – 59 с.

2. Сороко, С.И. Возможности направленных перестроек параметров ЭЭГ у человека с помощью метода адаптивного биоуправления / С.И. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев // Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – № 5. – С. 5–17.

3. Semenova, Yu.E. Risk Assessment in Different Periods of the Organizational Life Cycle / Yu.E. Semenova, A.Yu. Panova, S.V. Gribanovskaya // Components of Scientific and Technological Progress. – 2020. – № 3(45). – P. 40–44.

References

1. Zvezdochkina, N.V. Issledovanie elektricheskoj aktivnosti golovnogo mozga cheloveka : uchebno-metod. posobie / N.V. Zvezdochkina. – Kazan : Kazanskij federalnij universitet, 2014. – 59 s.

2. Soroko, S.I. Vozmozhnosti napravlennykh perestroek parametrov EEG u cheloveka s pomoshchyu metoda adaptivnogo bioupravleniya / S.I. Soroko, T.ZH. Musuraliev // Fiziologiya cheloveka. – 1995. – T. 21. – № 5. – S. 5–17.

© E.V. Shalomova, A.M. Zubkova, D.A. Titova, 2026

УДК 378.147:61

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМУЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ СУБЪЕКТНОГО ОПЫТА ПОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ПИМУ» МИНЗДРАВА РОССИИ

К.Ю. ГАРАЙ[1, 2], Е.Н. СЕЛИВЕРСТОВА[2]

[1] Филиал ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»;
[2] ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Ключевые слова и фразы: симуляционные модели; субъектный опыт; медицинское образование; профессиональное познание; студенты-медики; дебрифинг; рефлексия; ПИМУ.

Аннотация: В статье рассматривается использование симуляционных моделей как педагогического средства формирования субъектного опыта студентов-медиков в процессе профессионального познания на примере ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Актуальность исследования определяется возрастающими требованиями к практической подготовке выпускников медицинских вузов, ограниченностью доступа обучающихся к самостоятельным манипуляциям на реальных пациентах и необходимостью поиска образовательных форматов, обеспечивающих не только освоение навыка, но и становление обучающегося как субъекта собственной профессиональной подготовки. Показано, что симуляционные модели позволяют перевести учебную деятельность из режима преимущественного воспроизведения алгоритмов в режим самостоятельного действия, выбора, анализа и рефлексии. На основе анализа симуляционной инфраструктуры ПИМУ охарактеризованы мультипрофильный аккредитационно-симуляционный центр, симуляционный стоматологический центр и цифровые/виртуальные модели, поддерживающие практико-ориентированное обучение. Обосновывается, что субъектный опыт в медицинском образовании формируется при сочетании реалистичного сценария, самостоятельного действия обучающегося, обратной связи, эмоциональной включенности и структурированной рефлексии.

Современное медицинское образование ориентировано на практико-ориентированную подготовку выпускника, способного действовать в реальной клинической ситуации безопасно, ответственно и в соответствии с профессиональными стандартами. В этой логике симуляционное обучение стало одной из ключевых образовательных технологий, позволяющих осваивать медицинские манипуляции, клиническое мышление и элементы командного взаимодействия без риска для пациента [2; 3]. Вместе с тем ограничение реального клинического доступа на ранних этапах обучения и усложнение требований к профессиональной готовности делают недостаточным представление о симуляции только как о способе «активизировать» студента. Более продуктивным оказывается рассмотрение симуляционных моделей как среды формирования субъектного опыта будущего врача.

В отличие от познавательной активности, которая чаще фиксирует степень вовлеченности обучающегося, субъектный опыт отражает более глубокий уровень становления личности в обучении: кто принимает решение, на каком основании оно принимается, как переживается ошибка, каким образом студент соотносит собственное действие с профессиональной нормой и как строит дальнейшее саморазвитие. Для медицинского образования это особенно значимо, поскольку работа врача предполагает не только применение алгоритма, но и профессиональное

суждение, выбор при дефиците времени, учет рисков и способность сохранять ответственность за результат.

Симуляционная модель в такой перспективе выступает не просто техническим тренажером. Она организует учебную ситуацию, в которой студент переходит от роли исполнителя инструкции к роли субъекта профессионального познания. Реалистичный сценарий, наличие альтернатив, необходимость интерпретировать данные, взаимодействовать с командой, объяснять решение и затем анализировать его в ходе дебрифинга делают симуляцию средой присвоения опыта. Следовательно, основной педагогический эффект симуляционного занятия следует искать не только в факте выполнения манипуляции, но и в том, как это действие становится для обучающегося осмысленным, рефлексивным и преобразующим.

В ПИМУ представлены несколько взаимодополняющих симуляционных площадок. На уровне общеуниверситетской структуры действует мультипрофильный аккредитационно-симуляционный центр (**МАСЦ**). На базе МАСЦ ФГБОУ «ПИМУ» Минздрава России функционируют модули, охватывающие ключевые направления медицины: анестезиология, реанимация, интенсивная терапия; хирургия; терапия, диагностика, коммуникация; акушерство и гинекология; педиатрия и неонатология; сестринское дело, доврачебная помощь.

Симуляционный тренинг в МАСЦ планируется по рабочим программам дисциплин, обеспечивается профильными кафедрами совместно с кураторами модулей и адресован студентам разных курсов, ординаторам и врачам. Перед началом работы обучающийся обязан пройти теоретическую подготовку и инструктаж; преподаватель, в свою очередь, отвечает не только за эксплуатацию оборудования, но и за проектирование контроля и содержания занятия. Такой формат позволяет рассматривать симуляционную среду как управляемое пространство постепенного перехода от внешней регуляции к более высокой степени самостоятельности.

Особый интерес представляет стоматологическая симуляционная база ПИМУ. Симуляционный стоматологический центр и новый центр Института стоматологии объединяют фантомные классы, цифровые технологии, системы видеодемонстрации, 3*D*-печать расходных материалов и *Wetlab*. Для субъектного опыта это важно потому, что студент получает возможность многократно возвращаться к собственному действию, видеть его под увеличением, сопоставлять технику с результатом и самостоятельно обнаруживать пределы своей готовности. В университете действует трехуровневая образовательная концепция: от симулированных условий к биологическим моделям и далее к работе в клиническом контексте. Именно такая ступенчатость создает предпосылки для постепенного наращивания субъектной ответственности.

Если сама симуляция создает ситуацию действия, то дебрифинг превращает это действие в образовательный результат. Без него занятие рискует остаться набором упражнений или «игрой», не обеспечивающей устойчивого педагогического эффекта. Для субъектного опыта это положение принципиально. Именно в дебрифинге студент переходит от ответа на вопрос «Что я сделал?» к вопросам «Почему я действовал именно так?», «На каком основании был выбран данный алгоритм?», «Что я изменю при повторной попытке?».

Следовательно, дебрифинг в симуляционном обучении должен выполнять не только коррекционную, но и субъектно-формирующую функцию. Он позволяет обучающемуся соотнести собственное действие с профессиональной нормой, увидеть границы своей компетентности, распознать ошибку не как повод для внешней оценки, а как материал для саморазвития. Особенно значим дебрифинг в сценариях, связанных с риском, выбором тактики поведения и командным взаимодействием, поскольку именно в таких ситуациях формируются основы профессионального суждения, а не только навыка исполнения. В этом смысле качественный дебрифинг является центральным механизмом превращения симуляционного тренинга в пространство становления субъектной позиции будущего врача.

Для формирования субъектного опыта важны сценарии, в которых от студента требуется не только воспроизвести алгоритм, но и принять решение при неопределенности, объяснить его, а затем вынести критическую самооценку. Когда обучающийся сталкивается с необходимостью выбора, переживает последствия этого выбора и обсуждает их в рефлексивной среде, он начинает выстраивать отношение к себе как к субъекту профессионального действия. В медицинском вузе это особенно значимо, поскольку клиническая практика по определению

связана с риском, ответственностью и высокой ценой ошибки. Симуляция делает возможным освоение такого опыта без вреда пациенту и тем самым создает для него педагогически допустимую форму.

Использование симуляционных моделей в медицинском образовании целесообразно рассматривать не только как способ отработки практических навыков и повышения познавательной активности, но и как средство формирования субъектного опыта обучающихся. На примере ПИМУ видно, что симуляционная среда может быть выстроена как пространство профессионального познания, в котором студент не сводится к исполнителю инструкции, а осваивает роль субъекта действия, решения и рефлексии. Реалистичные сценарии, командный формат, безопасная работа с ошибкой, повторяемость действия и обязательный дебрифинг создают условия для личностного присвоения профессионального опыта. Именно поэтому дальнейшее развитие симуляционных моделей в медицинском вузе следует связывать с усилением рефлексивных, ценностно-смысловых и решенческих компонентов обучения, благодаря которым подготовка будущего врача приобретает не только техническую, но и субъектно-профессиональную глубину.

Литература

1. Громова, Г.Г. Симуляционное обучение глазами студентов / Г.Г. Громова // Человеческий капитал. – 2024. – № 2(182). – С. 260–267.

2. Турчина, Ж.Е. Симуляционное обучение как современная образовательная технология в практической подготовке студентов младших курсов медицинского вуза / Ж.Е. Турчина, О.Я. Шарова, О.В. Нор, А.В. Черемисина, В.Г. Битковская // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://fgosvo.ru.

4. Юдаева, Ю.А. Роль и место дебрифинга в симуляционном тренинге / Ю.А. Юдаева, Д.М. Снасапова, Л.Д. Аксарова, О.В. Соловых, В.А. Свистунова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://science-education.ru/ru/article/view?id=29729.

References

1. Gromova, G.G. Simulyatsionnoe obuchenie glazami studentov / G.G. Gromova // CHelovecheskij kapital. – 2024. – № 2(182). – S. 260–267.

2. Turchina, ZH.E. Simulyatsionnoe obuchenie kak sovremennaya obrazovatelnaya tekhnologiya v prakticheskoj podgotovke studentov mladshikh kursov meditsinskogo vuza / ZH.E. Turchina, O.YA. SHarova, O.V. Nor, A.V. CHeremisina, V.G. Bitkovskaya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 3.

3. Federalnij gosudarstvennij obrazovatelnij standart vysshego obrazovaniya [Electronic resource]. – Access mode : https://fgosvo.ru.

4. YUdaeva, YU.A. Rol i mesto debrifinga v simulyatsionnom treninge / YU.A. YUdaeva, D.M. Snasapova, L.D. Aksarova, O.V. Solovykh, V.A. Svistunova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2020. – № 2 [Electronic resource]. – Access mode : https://science-education.ru/ru/article/view?id=29729.

© К.Ю. Гарай, Е.Н. Селиверстова, 2026

УДК 37.022

РАЗВИТИЕ ОПЫТА ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

К.С. ГУЗЕНКО

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени В. Даля», г. Луганск

Ключевые слова и фразы: инновационная культура; опыт творческой деятельности; кейс-метод.

Аннотация: Цель данной статьи – охарактеризовать развитие опыта творческой деятельности как педагогического условия формирования инновационной культуры будущих специалистов в области экономики и управления, а также раскрыть пути его реализации. Задачи исследования: актуализировать необходимость развития опыта творческой деятельности, охарактеризовать пути реализации этой задачи. Гипотеза исследования: проблема формирования инновационной культуры обучающихся в образовательной среде вуза требует поиска оптимальных педагогических условий для ее разрешения, в числе которых развитие опыта творческой деятельности будущих специалистов. Разрешение цели и задач исследования осуществлялось с помощью следующих методов: анализ научной литературы, систематизация, классификация, обобщение научных категорий по проблеме исследования. В данной статье раскрыт педагогический потенциал кейс-метода как средства формирования опыта творческой деятельности будущих специалистов в области экономики и управления.

Необходимость реализовывать профессиональные задачи в условиях динамичных геополитических и социально-экономических изменений требуют от специалистов в области экономики и государственного управления готовности к нововведениям в сферах профессиональной деятельности, способности к генерации и реализации оригинальных идей, ориентации на постоянное самосовершенствование в профессии. Решение этой проблемы выдвигает на передний план задачу формирования инновационной культуры личности в системе профессиональной подготовки с целью обеспечения соответствия меняющихся требований работодателей и профессиональных характеристик экономистов и управленцев.

Актуальность проблемы формирования инновационной культуры и подходы к характеристике ее содержания и структуры раскрываются в трудах К.О. Ануфриева, А.В. Гаврилюк, С.Г. Григорьевой, В.И. Долговой, Н.В. Карамаликовой, Б.К. Лисина, Н.Н. Малаховой, Н.Н. Мурованой, Т.В. Соболь, Л.А. Холодковой, А.В. Черновой и др. Рассматривая инновационную культуру личности как полипредметный, многофункциональный феномен, исследователи отмечают его ресурсное значение в экономическом и социокультурном развитии государства и общества и подчеркивают актуальность проблемы ее формирования в системе высшего образования.

Анализ литературы показал, что наличие исследований по теме формирования инновационной культуры личности не дает четкого понимания путей решения этой проблемы применительно к подготовке специалистов в области экономики и управления, что обусловило необходимость определения педагогических условий формирования инновационной культуры будущих экономистов и управленцев в системе университетского образования и путей их реализации в образовательной среде вуза.

Мотивационно-ценностный компонент	Когнитивно-содержательный компонент	Деятельностно-рефлексивный компонент
• потребности в формировании инновационной культуры • ценности и ценностные ориентации инновационной культуры	• содержательные компетенции об инновациях в профессии • общие представления об инновационной культуре	• опыт творческой деятельности • рефлексивные умения и способности

Рис. 1. Структура инновационной культуры специалистов в области экономики и управления

Характеризуя инновационную культуру специалистов в области экономики и управления как «интегрированный в систему профессионального потенциала, личностный конструкт, элемент общей и профессиональной культуры, специфика которого определяется профессиональной деятельностью и современными потребностями экономики и социума» [3, с. 213], следует отметить сложность его структуры, представленной системой взаимосвязанных компонентов – мотивационно-ценностного, когнитивно-содержательного, деятельностно-рефлексивного (рис. 1).

Акцентируем внимание на деятельностно-рефлексивном компоненте, обеспечивающем процессуальный характер функционирования инновационной культуры и реализацию мотивационно-ценностного и когнитивно-содержательного элементов структуры инновационной культуры в практике выполнения профессиональной деятельности.

Сформированность данного структурного элемента инновационной культуры отражается реализацией потребности личности в творческом выполнении профессиональных задач, актуализацией направленности на претворение в жизнь ценностей (новаторство, инициативность, конкурентоспособность, креативность и др.), ценностных ориентаций (позитивное отношение к нововведениям, стремление к развитию в профессии и др.) и активным применением знаний об инновационных методах, способах, формах реализации профессиональной деятельности. Деятельностно-рефлексивный компонент инновационной культуры специалиста в области экономики и управления раскрывается системой умений и навыков, проявляющихся в креативной деятельности и обеспечивающих творческий подход к решению задач, способностью к выбору нестандартного подхода к разрешению профессиональных проблем, определению нового функционала освоенного инструментария. Реализация этих умений в практике учебной, квазипрофессиональной и профессиональной деятельности обеспечивает формирование опыта творческой деятельности обучающихся.

Опираясь на исследования Е.А. Кротовой, А.В. Матвеевой [4], Ю.Н. Соколовой [7], Т.Е. Тлегеновой [8] и др., подчеркнем зависимость проявления творческой деятельности от особенностей организации учебного процесса и педагогических средств достижения поставленных целей.

Одним из эффективных путей формирования опыта творческой деятельности представляется кейс-метод, предполагающий включение обучающихся в ситуационный анализ реальных проблем профессиональной деятельности. Изучение заданных условий, конкретных взаимоотношений, факторов влияния и других проблемных аспектов реализации профессиональных задач, обеспечивает преобразование внешних взаимосвязей во внутренние знания будущего специалиста о профессии.

По мнению Б.Г. Ананьева, анализ жизненных ситуаций, объектов деятельности и субъектов взаимодействия, трудовых операций способствует переходу интериндивидуальных связей в интраиндивидуальные, что выступает обязательным условием развития личности [1, с. 281]. При этом практическая реализация знаний в анализе конкретных ситуаций стимулирует мыслительную активность личности и способствует накоплению опыта творческой деятельности, а соединение знаний и опыта относится к важнейшим условиям совершенствования мастерства в определенной сфере [1, с. 288].

Анализ современных педагогических исследований проблемы внедрения кейс-метода в процесс профессиональной подготовки бу-

дущих специалистов в вузе [2; 5; 6 и др.] позволяет отметить, что использование метода включения будущих специалистов в анализ конкретных ситуаций обеспечивает выполнение обучающимися основных операций, характеризующих творческую деятельность: оптимальный выбор и перенос усвоенных знаний в новую ситуацию; преобразование практических умений и способов выполнения профессиональных задач для решения возникшей проблемы; осознание новых проблемных аспектов профессиональной деятельности; абстрагирование от стандартных моделей поведения и поиск оригинальных способов действий; выдвижение креативных идей реализации проблемных заданий.

С целью развития опыта творческой деятельности как педагогического условия формирования инновационной культуры будущих специалистов в области экономики и управления оптимальным представляется использование контекстуально-содержательных кейс-заданий различной направленности (аналитических, конструктивных, проективных, прогностических, рефлексивных), обеспечивающих совершенствование системы знаний, эвристических и предметных умений, развитие интенции личности на генерацию оригинальных идей решения профессиональных задач, формирование способности к рефлексии процесса и результата деятельности для дальнейшего саморазвития творческого потенциала.

Приведем пример использования кейс-метода в профессиональной подготовке будущих специалистов в области экономики и управления в вузе (крэш-курс «Инновационная культура – основа профессионального развития и карьерного роста», тема «Этические и социально ответственные аспекты внедрения инноваций»). Обучающимся предлагается выполнить анализ следующих кейсов.

Кейс 1: Внедрение искусственного интеллекта в процесс кадрового отбора. Проблемные аспекты: прозрачность алгоритмов, конфиденциальность данных, влияние на рабочие места, ответственный подход к сбору и обработке данных.

Кейс 2: Применение биотехнологий в аграрном секторе. Проблемные аспекты: экологические риски, доступность технологий, справедливость в цепочке поставок.

Кейс 3: Энергетические инновации. Проблемные аспекты: стоимость для населения, доступность, обслуживание и утилизация.

Кейс 4: Платформенная экономика и данные пользователей. Проблемные аспекты: монополизация рынка, конфиденциальность, ответственность платформы за контент.

Учебная деятельность осуществляется в группах по 5–6 человек, каждая из которых работает с отдельным кейсом, выполняя общую цель – анализ этических дилемм, связанных с конкретными инновациями; определение принципов и границ корпоративной социально ответственной инновационной практики.

Основные задачи в работе с кейсами.

1. Анализ стейкхолдеров и их интересов. Определите ключевые группы стейкхолдеров и опишите их интересы и потенциальную уязвимость.

2. Этические дилеммы и принципы. Опишите 2–3 этические дилеммы, учитывая следующие аспекты: принцип пользы, принцип справедливости, принцип автономии, принцип безопасности, принцип прозрачности.

3. Оценка выгод и рисков. Оцените экономические, социальные, экологические и юридические выгоды и риски инноваций.

4. Рекомендации по управлению рисками. Предложите инструменты корпоративной ответственности (кодекс поведения, аудит данных, участие стейкхолдеров, варианты компенсаций).

5. Подготовьте мультимедийную презентацию на тему кейса (слайды с ключевыми выводами и рекомендациями).

В ходе работы с кейсами обучающимся предлагается пошаговый план выполнения задания: 1) сбор материалов; предварительный обзор этических вопросов; 2) анализ стейкхолдеров, формулирование дилемм, разработка рекомендаций; 3) подготовка и отработка презентации; 4) защита проекта, получение отзывов.

Выполняя предложенное задание, в ходе определения конкретных этических дилемм реализации инноваций будущие специалисты в области экономики и управления анализируют причины и следствия внедрения оригинальных продуктов и решений, сравнивают ожидаемые и практические результаты инновационных процессов, выделяют принципы и границы корпоративной социально ответственной инновационной практики, тем самым расширяя и совершенствуя систему освоенных компетенций, аккумулируя опыт творческой деятельности и развивая навыки взаимодействия в команде.

Подводя итоги, отметим, что опыт творческой деятельности как совокупность знаний, умений, навыков, мотивационных установок, накопленных в процессе генерации, реализации и оценивания результативности оригинальных идей, участия в творческой деятельности, решения проблемных заданий и ситуаций проявляется в способности личности креативно сочетать и применять теоретические знания и практические методы, осуществлять оптимальный выбор путей разрешения профессиональных затруднений в условиях быстрых ситуационных изменений, применять на практике нестандартные подходы к решениям поставленных профессиональных задач.

Целенаправленное, научно обоснованное и методически обеспеченное развитие опыта творческой деятельности способствует становлению готовности обучающихся адаптироваться к новым условиям и технологиям, формированию способностей к интерпретации задач под новые контексты, генерации оригинальных идей и перестройке стандартных схем решения профессиональных проблем, совершенствованию умений личности учитывать различные точки зрения, оценивать риски и определять долгосрочные последствия принятых решений – значимых составляющих инновационной культуры специалистов в области экономики и управления.

Литература

1. Ананьев, Б.Г. Человек как предмет познания / Б.Г. Ананьев. – СПб. : Питер, 2001. – 288 с. – (Серия «Мастера психологии»).

2. Гочиява, М.Д. Теоретические аспекты использования кейс-метода в процессе формирования компетенций студентов бакалавриата / М.Д. Гочиява, Г.М. Гаджикурбанова, А.Б. Абдулаев // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 3. – С. 113–116.

3. Гузенко, К.С. Факторы формирования инновационной культуры будущих специалистов в области экономики и управления в образовательной среде вуза / К.С. Гузенко, Е.Н. Трегубенко // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 9(174). – С. 212–215.

4. Кротова, Е.А. Проблемы формирования опыта творческой деятельности обучающихся / Е.А. Кротова, А.В. Матвеева // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8-3. – С. 312–315 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8129.

5. Макаренко, Ю.В. Кейс-метод в процессе формирования исследовательских компетенций студентов вуза / Ю.В. Макаренко, И.В. Осадчая // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 2(105). – С. 259–262.

6. Нимировская, Ю.К. Кейс-метод: сущностно-диалоговое обучение в учебном процессе вуза / Ю.Е. Нимировская // Проблемы современного образования. – 2024. – № 3. – С. 270–276.

7. Соколова, Ю.Н. Опыт творческой деятельности как педагогический феномен / Ю.Н. Соколова // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 1(61). – С. 286–289.

8. Тлегенова, Т.Е. Реализация педагогических условий в процессе формирования опыта творческой деятельности студента в дистанционном образовании / Т.Е. Тлегенова // Вестник ЧГПУ. – 2012. – № 1. – С. 208–216.

References

1. Ananev, B.G. CHelovek kak predmet poznaniya / B.G. Ananev. – SPb. : Piter, 2001. – 288 s. – (Seriya «Mastera psikhologii»).

2. Gochiyava, M.D. Teoreticheskie aspekty ispolzovaniya kejs-metoda v protsesse formirovaniya kompetentsij studentov bakalavriata / M.D. Gochiyava, G.M. Gadzhikurbanova, A.B. Abdulaev // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2021. – № 3. – S. 113–116.

3. Guzenko, K.S. Faktory formirovaniya innovatsionnoj kultury budushchikh spetsialistov v oblasti ekonomiki i upravleniya v obrazovatelnoj srede vuza / K.S. Guzenko, E.N. Tregubenko // Globalnij nauchnij potentsial. – 2025. – № 9(174). – S. 212–215.

4. Krotova, E.A. Problemy formirovaniya opyta tvorcheskoj deyatelnosti obuchayushchikhsya /

E.A. Krotova, A.V. Matveeva // Mezhdunarodnij zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2015. – № 8-3. – S. 312–315 [Electronic resource]. – Access mode : https://expeducation.ru/ru/article/view?id=8129.

5. Makarenko, YU.V. Kejs-metod v protsesse formirovaniya issledovatelskikh kompetentsij studentov vuza / YU.V. Makarenko, I.V. Osadchaya // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2024. – № 2(105). – S. 259–262.

6. Nimirovskaya, YU.K. Kejs-metod: sushchnostno-dialogovoe obuchenie v uchebnom protsesse vuza / YU.E. Nimirovskaya // Problemy sovremennogo obrazovaniya. – 2024. – № 3. – S. 270–276.

7. Sokolova, YU.N. Opyt tvorcheskoj deyatelnosti kak pedagogicheskij fenomen / YU.N. Sokolova // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2018. – № 1(61). – S. 286–289.

8. Tlegenova, T.E. Realizatsiya pedagogicheskikh uslovij v protsesse formirovaniya opyta tvorcheskoj deyatelnosti studenta v distantsionnom obrazovanii / T.E. Tlegenova // Vestnik CHGPU. – 2012. – № 1. – S. 208–216.

© К.С. Гузенко, 2026

УДК 378.6

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МУЗЫКИ К ПАТРИОТИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ ШКОЛЬНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАРОДНОЙ МУЗЫКИ

ЛИ МИНХУЭЙ, Г.В. МАРЧЕНКО

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова и фразы: учитель музыки; патриотическое воспитание; законодательные документы; нормативно-правовые акты.

Аннотация: Статья посвящена проблеме законодательного и нормативно-правового обеспечения профессиональной подготовки будущих учителей музыки к осуществлению патриотического воспитания обучающихся средствами народной музыки Китая. Цель исследования – определение роли нормативно-правовых документов в организации профессионально-педагогической подготовки будущих учителей музыки к решению задач патриотического воспитания подрастающего поколения средствами традиционной народной музыки народов Китая. Гипотеза исследования заключается в предположении о том, что нормативно-правовые документы разного уровня определяют стратегические и тактические цели педагогического образования будущих учителей музыки в области патриотического воспитания школьников с использованием традиционной народной музыки Китая. Методы исследования: теоретический анализ государственных и партийных законодательных документов, контент-анализ, библиографический метод.

Эмпирический массив исследования составили: законодательные государственные и партийные документы, научные монографии китайских и зарубежных педагогов, психологов, философов, искусствоведов, культурологов, их научные статьи и другие публикации.

В современном нестабильном мире, в условиях стремления стран запада к хаотизации мировой геополитической ситуации, что актуализирует интерес философов, политиков, адекватных политических и государственных деятелей, педагогов, деятелей культуры к вопросам образования и формирования человека-патриота, человека культуры. Значительное количество научных исследований посвящено самым разнообразным проблемам, отражающим многие аспекты образования и образовательной политики. Но очень мало работ, посвященных проблеме воспитания патриотизма средствами народной музыкальной культуры. Об этом свидетельствуют данные, полученные авторами с помощью метода библиографии, проведя поиск по ключевым словам «воспитание патриотизма средствами народной музыки». Из 79317537 публикаций на платформе национальной электронной библиотеки Российской Федерации (*https://elibrary.ru/query_results.asp*) было обнаружено только 16664, что составило всего 0,02 %, раскрывающих вопросы схожей тематики. Но контент-анализ названий публикаций дал возможность говорить о почти полном отсутствии научных исследований, посвященных проблеме воспитания патриотизма обучающихся средствами народной музыкальной культуры Китая и его законодательного обеспечения. Это и обусловило выбор данной проблематики исследовательской работы.

Таким образом, целью исследования выступает определение роли нормативно-правовых документов в организации профессионально-педагогической подготовки будущих учителей музыки к решению задач патриотического вос-

Таблица 1. Нормативно-правовые документы о педагогическом образовании

Разработчик документа	Название документа	Дата принятия
Министерство образования	Положение о проведении аттестации педагогических специальностей высших учебных заведений (временное)	26.10.2017
Центральный комитет КПК, Государственный совет	Мнение о всестороннем углублении реформы построения педагогического коллектива в новую эпоху	20.01.2018
Министерство образования и другие четыре ведомства	План действий по возрождению педагогического образования (2018–2022 гг.)	11.02.2018
Министерство образования	Мнение о реализации Программы подготовки выдающихся педагогов 2.0	31.12.2018
Центральный комитет КПК, Государственный совет	Основные положения по осуществлению патриотического воспитания в новую эпоху	13.11.2019
Министерство образования	Уведомление об утверждении Положения об управлении учебными материалами высших учебных заведений	07.01.2020

питания подрастающего поколения средствами традиционной народной музыки народов Китая.

Гипотеза исследования заключается в предположении о том, что нормативно-правовые документы разного уровня определяют стратегические и тактические цели педагогического образования будущих учителей музыки в области патриотического воспитания школьников с использованием традиционной народной музыки Китая.

Методы исследования включали в себя теоретический анализ государственных и партийных законодательных документов по вопросам педагогического музыкального образования, эстетического и патриотического воспитания для формирования нормативно-правовых основ проблематики исследования; контент-анализ, позволивший определить наличие научной лакуны в области исследовательских интересов авторов; библиографический метод, давший возможность подтвердить актуальность избранной тематики для исследования с помощью статистики.

Эмпирический массив исследования составили: законодательные государственные и партийные документы, научные монографии китайских и зарубежных педагогов, психологов, философов, искусствоведов, культурологов, их научные статьи и другие публикации.

Музыкальное образование в Китае является важной составной частью педагогического образования и находится в непосредственном ведении Департамента работы с педагогическим составом Министерства образования. На разработку и пересмотр программ подготовки специалистов по музыкальному образованию решающим образом влияют документы Центрального комитета КПК, Государственного совета и Министерства образования [1]. Эти документы определяют требования, цели, направления подготовки будущих учителей музыки к решению задач воспитания патриотизма школьников средствами национальной музыкальной культуры китайского народа. На создании благоприятных условий для достижения этой стратегической цели сосредоточено внимание партии и правительства страны, о чем свидетельствует проведенный анализ законодательно-нормативной базы КНР.

При систематизации законодательных и руководящих документов, связанных с педагогическим образованием, были получены следующие результаты, наглядно визуализированные в табл. 1.

Представим особенности вышеуказанных документов.

Во-первых, явная концентрация по времени: 2018 г. стал «годом педагогического образования», когда было опубликовано наибольшее количество нормативных документов, ознаменовав собою период интенсивных реформ педагогического образования.

Во-вторых, источник законодательной инициативы – документы издаются и Центральным комитетом КПК, и Государственным советом, и Министерством образования, и несколькими ведомствами, что отражает значимость и координацию усилий многих государственных ин-

Таблица 2. Нормативно-правовые документы Департамента физической культуры, гигиены и художественного образования Министерства образования

Разработчик документа	Название документа	Дата принятия
Министерство образования	Уведомление о вопросах подписания первого меморандума о реформе и развитии эстетического воспитания в школах (письмо Департамента физической культуры, гигиены и художественного образования № 29)	29.08.2016
Министерство образования	Уведомление о создании баз для наследия и развития выдающихся традиционных китайских культур	10.05.2018
Министерство образования	Уведомление о проведении Всероссийского конкурса мастерства студентов бакалавриата музыкальных и художественных образовательных специальностей высших учебных заведений 2018 г. (письмо Департамента физической культуры, гигиены и художественного образования № 37)	05.06.2018
Министерство образования	Мнение о решительном укреплении работы по эстетическому воспитанию в высших учебных заведениях в новую эпоху	29.03.2019

ститутов в совершенствовании идеологических и аксиологических основ в сфере образовательной политики относительно педагогического образования в стране.

В-третьих, многообразие форм нормативных документов – это мнения, положения, планы, основные положения и др., формирующие всеобъемлющую нормативно-правовую базу педагогического образования.

В-четвертых, всесторонность содержания данных документов – основные направления включают повышение качества педагогического образования, построение этики и морального духа педагогического коллектива, интеграцию информатизации в образование и т.д., формируя замкнутый цикл концептуального проектирования на высшем уровне [2].

Основные положения по осуществлению задач патриотического воспитания в новую эпоху предусматривают интеграцию патриотического воспитания во все виды и уровни образования, что соответствует стратегии, заключающейся в укреплении государством патриотического сознания граждан средствами образовательной системы (постановки соответствующих целей, определения содержания и методов, разнообразных форм, отражающихся в учебных планах и программах). Подробно мы останавливались на этом вопросе в одной из опубликованных ранее статей. В ней говорилось о том, что Программа подготовки педагогов 2.0 является важной составной частью Программы «Шесть направлений подготовки специалистов-профессионалов и направление подготовки талантливых молодых ученых», которую можно назвать своеобразной революцией качества в педагогическом образовании. Она выдвигает более высокие требования к подготовке предметных педагогов, включая учителей музыки, подчеркивая необходимость интегрированной подготовки к патриотическому воспитанию и освоения профессиональных специально-педагогических компетенций, закладывая тем самым фундаментальную профессиональную основу для будущих учителей музыки в осуществлении патриотического воспитания.

Подготовка будущих учителей музыки носит комплексный характер, включающий педагогическую и музыкальную (предметную) составляющую. Это означает, что процесс педагогического образования учителей музыки регламентируется нормативно-правовыми документами не только Департамента работы с педагогическим составом и Департамента высшего образования Министерства образования, но и Департамента физической культуры, гигиены и художественного образования Министерства образования [3]. Систематизация основополагающих нормативно-правовых документов этого Департамента представлена в табл. 2.

Количество специальных нормативно-правовых актов в области художественного образования невелико, но они отличаются целенаправленностью, формируют логическую цепочку «реализация и контроль – наследие и инновация – решение проблем». Меморандум о рефор-

ме и развитии эстетического воспитания, опубликованный в 2016 г., выступает механизмом реализации государственного документа «Мнения Генерального секретаря Государственного совета «О всестороннем укреплении и совершенствовании работы по эстетическому воспитанию в школах». Создание центров сохранения, наследования и развития традиционных культур в 2018 г. способствовало всесторонней интеграции традиционной народной музыки и других видов народного искусства в образовательные программы высших учебных заведений, что отвечало нацеленности политики государства на охрану многообразия национальных культур народов Китая. Документ Министерства образования по вопросам эстетического образования, опубликованный в 2019 г., четко определяет три проблемы, с которыми сталкивается решение задач эстетического воспитания в высших учебных заведениях: несоответствие эстетического воспитания требованиям образовательной реформы и формирования системы воспитания личности, ожиданиям студентов и наличным ресурсам. Он ставит цель: к 2035 г. сформировать современную систему эстетического воспитания в высших учебных заведениях на основе китайской специфики, обеспечивая законодательную и идеологическую поддержку интеграции эстетического и патриотического воспитания в подготовку будущих учителей музыки, что подчеркивает значимую роль народной музыки как носителя патриотических чувств и культурной идентичности [4].

В разработке идейно-политических нормативно-правовых основ патриотического воспитания принимают активное участие представители 36 ведомств. Наиболее активным актором в данном процессе выступает Министерство образования, которое играет ведущую роль в разработке и реализации государственной образовательной политики по вопросам реализации целей и задач патриотического воспитания в музыкальном образовании. Центральный комитет КПК и Центральный отдел пропаганды непосредственно определяют стратегию дальнейшего развития образовательной сферы в целом, педагогического образования и профессиональной подготовки учителей музыки, эстетического и патриотического воспитания, что отражает высокий уровень заинтересованности государства данными вопросами. В данном процессе принимают участие Генеральный секретарь Государственного совета, Министерство культуры, Комсомольский центральный комитет и другие партийные, государственные и общественные структуры, что формирует комплексный механизм определения и реализации государственной политики и обеспечивает руководящую роль партийных комитетов, правительства, координацию между ведомствами, участие общества [5].

Нормативно-правовые документы в области педагогического образования, подготовки учителей музыки, эстетического и патриотического воспитания формируются на четырех уровнях: метаполитики, общей политики, отраслевой политики и индивидуальной политики. Они отличаются четкой иерархичностью и комплексным содержанием, определяя основные принципы патриотического воспитания и конкретные пути реализации его задач.

При этом законы подлежат обязательному исполнению всеми без исключения, так как обладают высшей юридической силой. Нормативные документы, такие как решения и постановления, отражают тактические задачи и очерчивают конкретное содержание, подлежащее усвоению подрастающим поколением. Руководящие документы, мнения и основные положения оставляют пространство для реализации политики, определяя механизмы данного процесса. Уведомления доносят руководящие указания до широких слоев педагогической общественности, распространяя и реализуя государственную образовательную политику. Уровневость государственных нормативно-правовых документов обеспечивает авторитетность политики (гибкость ее реализации) исходя из принципа «единая направленность, многообразная реализация» патриотического воспитания в многонациональном государстве.

Нормативно-правовые документы в области патриотического воспитания определяют его основную цель как консолидацию всех духовных сил для обеспечения национального развития и воспитания граждан новой эпохи. Конкретизируя эту глобальную цель, можно отметить, что с духовной точки зрения – это пропаганда народного духа, укрепление национального единства, сохранение и творение культурного достояния китайского народа.

Государственная значимость патриотического воспитания заключается в преобразовании патриотического энтузиазма в практические действия по строительству страны, обеспечение духовной мотивации для на-

ционального развития и возрождения нации. Воспитание граждан новой эпохи с твердой национальной идентичностью, с сильными патриотическими чувствами, духовно и физически здоровой личности – это практическая задача педагогам страны.

Таким образом, нормативно-правовые документы в области педагогической подготовки учителей музыки, эстетического и патриотического воспитания представляют собой целостную систему, определяющую направление профессионального развития будущих учителей музыки для решения задач патриотического воспитания, что обеспечивает интеграцию патриотического воспитания в музыкальное образование через координацию законотворческой деятельности различных ведомств, реализацию государственной образовательной политики на всех уровнях, достигая цели подготовки будущих учителей музыки к решению задач патриотического воспитания личности средствами традиционной народной музыки.

Литература

1. Ян, Г. Пятифакторная теория личности в древнем Китае / Г. Ян, Т. Лю // Психологическая наука. – 2005. – № 4. – С. 780–783. – DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.2005.04.003.

2. Цай, Ю. Воспитание китайского народа / Ю. Цай. – Харбин : Издательство Харбина, 2012. – 183 с.

3. Лю, С. Исследование идей Маркса и Энгельса о нравственном воспитании через призму литературы и искусства / С. Лю // Журнал Ланьчжоуского университета (Социальные науки). – 2008. – № 01. – С. 146–151. – DOI: 10.13885/j.issn.1000-2804.2008.01.013.

4. Фан, Л. Текстовый анализ и политические рекомендации по государственному финансированию образования для будущих учителей / Л. Фан, И. Ян // Журнал Яньбяньского университета (Социальные науки). – 2020. – № 53(01). – С. 125. – DOI: 10.16154/j.cnki.cn22-1025/c.2020.01.016.

5. Ту, Д. Макроперспектива формирования политики высшего образования в Китае / Д. Ту // Обзор образования Пекинского университета. – 2007. – № 10. – С. 54. – DOI: 10.19355/j.cnki.1671-9468.2007.04.005.

References

1. YAn, G. Pyatifaktornaya teoriya lichnosti v drevnem Kitae / G. YAn, T. Lyu // Psikhologicheskaya nauka. – 2005. – № 4. – S. 780–783. – DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.2005.04.003.

2. TSaj, YU. Vospitanie kitajskogo naroda / YU. TSaj. – KHarbin : Izdatelstvo KHarbina, 2012. – 183 s.

3. Lyu, S. Issledovanie idej Marksa i Engelsa o nravstvennom vospitanii cherez prizmu literatury i iskusstva / S. Lyu // ZHurnal Lanchzhouskogo universiteta (Sotsialnye nauki). – 2008. – № 01. – S. 146–151. – DOI: 10.13885/j.issn.1000-2804.2008.01.013.

4. Fan, L. Tekstovij analiz i politicheskie rekomendatsii po gosudarstvennomu finansirovaniyu obrazovaniya dlya budushchikh uchitelej / L. Fan, I. YAn // ZHurnal YAnbyanskogo universiteta (Sotsialnye nauki). – 2020. – № 53(01). – S. 125. – DOI: 10.16154/j.cnki.cn22-1025/c.2020.01.016.

5. Tu, D. Makroperspektiva formirovaniya politiki vysshego obrazovaniya v Kitae / D. Tu // Obzor obrazovaniya Pekinskogo universiteta. – 2007. – № 10. – S. 54. – DOI: 10.19355/j.cnki.1671-9468.2007.04.005.

© Ли Минхуэй, Г.В. Марченко, 2026

УДК 81’25

СТРУКТУРНО-СЕМАНТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНГЛИЙСКИХ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОЛЯ «ЕДА» И СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕВОДА НА РУССКИЙ ЯЗЫК

С.А. РЕЗЦОВА, А.А. ПОЛТОРЫХИНА

ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», г.о. Коломна

Ключевые слова и фразы: фразеология; семантическое поле «Еда»; английский язык; русский язык; перевод фразеологизмов; межъязыковые соответствия; лингвокультурология; фразеологические эквиваленты; безэквивалентная лексика.

Аннотация: В статье рассматриваются английские фразеологические единицы (**ФЕ**), входящие в семантическое поле «Еда», как один из наиболее ярких способов репрезентации национального менталитета и культурно-исторического опыта. Цель работы – выявить структурно-семантические особенности английских фразеологизмов поля «Еда» и определить наиболее эффективные способы их перевода на русский язык. Материалом для исследования послужили фразеологические единицы, отобранные методом сплошной выборки из англо-русских фразеологических словарей. В ходе анализа выделены ядерные компоненты (*bread*, *cake*, *potato*, *meat*, *egg*), установлены основные структурные типы ФЕ. Особое внимание уделено проблемам перевода: асимметрии образных систем, различиям в коннотативной окраске компонентов и культурно-специфическим реалиям. Основным методом служит сравнительно-сопоставительный анализ ФЕ английского и русского языков с акцентом на их особенности на уровне семантики, стилистики и культурных коннотаций. В результате исследования была предложена типология межъязыковых соответствий, а также охарактеризованы основные переводческие трансформации.

Фразеологический фонд языка является наиболее ярким отражением национального менталитета, системы ценностей и культурно-исторического опыта народа. Среди многообразия фразеологических единиц (**ФЕ**) особое место занимают обороты, связанные с семантическим полем «Еда». Данная лексико-семантическая парадигма универсальна для всех языков, однако степень ее фразеологической разработанности, состав образов существенно различаются в зависимости от лингвокультурной традиции.

Материалом исследования послужили фразеологические единицы, отобранные методом сплошной выборки из англо-русских фразеологических словарей [5; 9].

Семантическое поле «Еда» в английской фразеологии представляет собой сложную микросистему, включающую в себя единицы, обозначающие:

– процесс поглощения пищи: *to eat like a horse* (есть как лошадь, т.е. очень много), *to have a sweet tooth* (иметь слабость к сладкому);

– наименования продуктов и блюд: *a piece of cake* (букв. «кусок пирога», рус. аналог «проще пареной репы»), *a big cheese* (важная шишка), *bread and butter* (основной источник дохода), *couch potato* (ленивый человек, домосед);

– свойства пищи (вкус, качество): *as cool as a cucumber* (абсолютно спокойный);

– реалии, связанные с приемом пищи (посуда, действия, состояние): *to be on the breadline* (быть на грани нищеты), *to be in a stew* (быть в волнении, на нервах).

Анализ показывает, что ядерными компонентами данного поля выступают лексемы *bread* (хлеб), *cake* (пирог/печенье), *potato* (картофель), *meat* (мясо) и *egg* (яйцо). Высокая ча-

стотность данных компонентов объясняется их ролью в традиционном английском рационе.

С точки зрения структуры исследуемые фразеологизмы распределяются на следующие основные группы [2; 4].

– Субстантивные фразеологизмы, выступающие в роли именной группы: двухкомпонентные: *apple of discord* (яблоко раздора), *big cheese* и многокомпонентные: *thesaltoftheearth* (соль земли), *ahardnuttocrack* (крепкий орешек).

– Глагольные фразеологизмы, наиболее многочисленная группа: *to butter up* (подлизываться, букв. намазывать маслом), *to stew one's own juice* (вариться в собственном соку), *to bite off more than one can chew* (переоценить свои возможности, букв. откусить больше, чем можешь прожевать).

– Адъективные и адвербиальные фразеологизмы: (*as*) *nutty as a fruitcake* (чокнутый, букв. ореховый, как фруктовый кекс), *in a nutshell* (в двух словах, букв. в ореховой скорлупе).

Семантическая специфика рассматриваемых ФЕ заключается в высокой степени метафоризации, основанной на сходстве формы, размера, функции или социальной значимости объекта.

Характерной чертой английских фразеологизмов с компонентом «еда» является их антропоцентричность. Большинство единиц описывают либо черты характера человека, либо его социальное положение, либо межличностные отношения. Например, *tough cookie* (крепкий орешек, человек с характером) или *cream of society* (сливки общества) [4].

В отличие от русского языка, где часто актуализируется процесс приготовления пищи (как длительный трудовой процесс), в английской фразеологии доминирует референтность к готовому продукту или его свойствам. Это различие формирует специфику внутренней формы, которая часто непрозрачна для носителя русского языка.

Применительно к исследуемой группе можно выделить несколько типов межъязыковых соответствий.

– Полные (абсолютные) эквиваленты. Предполагают совпадение структуры, образа, стилистической окраски и семантики. Пример: *apple of discord* – яблоко раздора. Данное соответствие стало возможным благодаря общему культурному наследию (миф о Парисе), заимствованному русским языком через литературу.

– Частичные эквиваленты. Характеризуются совпадением семантики при расхождении в лексическом составе или структурно-грамматической организации: *a piece of cake* – проще пареной репы. Образ *cake* заменен на русский образ репы, атрибут легкости.

– Фразеологические аналоги. Используются при отсутствии эквивалента, но наличии в русском языке устойчивого оборота с тем же значением, но построенном на ином образе [7]: *to be born with a silver spoon in one's mouth* – родиться в рубашке. Здесь происходит полная замена образа «серебряная ложка» на русский культурный символ удачи «рубашка».

– Безэквивалентная лексика. В ряде случаев русский язык не имеет устоявшегося фразеологического соответствия, и перевод требует описательности или калькирования: *couch potato* – в русском языке отсутствует единый фразеологизм с тем же образом. Возможен описательный перевод: «человек, который все свободное время проводит у телевизора», или вариант «лежебока» (с потерей образа телевизора).

Особую сложность представляют ФЕ, имеющие внешнее сходство с русскими оборотами, но различающиеся по семантике или стилистике: *To lead a dog's life* – буквально «собачья жизнь». В обоих языках идиома означает жизнь, полную лишений, однако в английском языке возможен дополнительный оттенок беспокойства и хаоса. Тем не менее базовое значение совпадает, что делает перевод эквивалентным в большинстве контекстов.

Анализ практического материала позволяет выделить следующие трансформации, используемые для перевода ФЕ поля «Еда» [3; 7; 8].

– Фразеологический эквивалент (наиболее предпочтительный способ): *to eat humble pie* – проглотить гордость / принести унизительные извинения (смена образа при сохранении функции).

– Калькирование (буквальный перевод) часто применяется при отсутствии эквивалента и наличии прозрачной внутренней формы, которая может быть интерпретирована русскоязычным читателем. Например, *to butter both sides of one's bread* – «намазывать маслом обе стороны хлеба». Однако при калькировании существует риск создания семантического барьера [8].

– Описательный перевод используется для объяснения значения ФЕ в тексте, когда фразеологический эквивалент отсутствует, а

калька нецелесообразна, например, *to be in the soup* –попасть в неприятное положение.

Наибольшие трудности при переводе вызывают ФЕ, апеллирующие к уникальным британским реалиям или историческим традициям [9].

As English as apple pie – типично английский, истинно британский. Перевод требует добавления атрибутива «типично», так как для русского читателя «яблочный пирог» не является гастрономическим символом Англии.

The Twelfth Night cake – идиома, связанная с традициями празднования Рождества в Англии. При переводе на русский язык требуется либо комментарий, либо функциональная замена на «праздничный пирог».

Проведенное исследование структурно-семантических особенностей англоязычных фразеологизмов семантического поля «Еда» и проблем их перевода на русский язык позволяет сделать следующие выводы.

1. Семантическое поле «Еда» в английской фразеологии характеризуется высокой плотностью и разнообразием структурных типов. Доминирующими являются глагольные и субстантивные ФЕ, ядро которых составляют компоненты *bread*, *cake*, *potato*, что отражает исторически сложившиеся приоритеты в английском пищевом коде. Внутренняя форма данных единиц основана на антропоцентрической метафоре, что делает их экспрессивным средством характеристики человека и его деятельности.

2. Наиболее частотными способами перевода является использование частичных эквивалентов и фразеологических аналогов, позволяющих сохранить прагматический потенциал высказывания. Полные эквиваленты встречаются редко. В случаях лакунарности или необходимости сохранения национального колорита применяется калькирование (часто с последующим комментарием) или описательный перевод.

Литература

1. Амосова, Н.Н. Основы английской фразеологии / Н.Н. Амосова. – Л. : Изд-во Ленинградского университета, 1963. – 208 с.
2. Виноградов, В.В. Об основных типах фразеологических единиц в русском языке / В.В. Виноградов // Избранные труды. Лексикология и лексикография. – М. : Наука, 1977. – С. 140–161.
3. Комиссаров, В.Н. Теория перевода (лингвистические аспекты): учебник для институтов и факультетов иностранных языков / В.Н. Комиссаров. – М. : Высшая школа, 1990. – 253 с.
4. Кунин, А.В. Курс фразеологии современного английского языка : учебник для институтов и факультетов иностранных языков; 2-е изд., перераб. / А.В. Кунин. – М. : Высшая школа, 1996. – 381 с.
5. Кунин, А.В. Англо-русский фразеологический словарь : 4-е изд., перераб. и доп. / А.В. Кунин. – М. : Русский язык, 1984. – 944 с.
6. Резцова, С.А. Аллюзии в художественном тексте: проблема перевода (на материале романа Ника Хорнби «Мой мальчик») / С.А. Резцова, Н.Ю. Степанова // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 8(173). – С. 361–364.
7. Рецкер, Я.И. Теория перевода и переводческая практика: очерки лингвистической теории перевода / Я.И. Рецкер. – М. : Международные отношения, 1974. – 216 с.
8. Шадрин, Н.Л. Перевод фразеологических единиц и сопоставительная стилистика / Н.Л. Шадрин. – Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1991. – 220 с.
9. Speake, J. The Oxford Dictionary of Idioms : 4th ed. / J. Speake. – Oxford : Oxford University Press, 2008. – 408 p.
10. Longman Dictionary of English Idioms. – London : Longman, 1998. – 398 p.

References

1. Amosova, N.N. Osnovy anglijskoj frazeologii / N.N. Amosova. – L. : Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1963. – 208 s.
2. Vinogradov, V.V. Ob osnovnykh tipakh frazeologicheskikh edinits v russkom yazyke / V.V. Vinogradov // Izbrannye trudy. Leksikologiya i leksikografiya. – M. : Nauka, 1977. – S. 140–161.
3. Komissarov, V.N. Teoriya perevoda (lingvisticheskie aspekty): uchebnik dlya institutov i

fakultetov inostrannykh yazykov / V.N. Komissarov. – M. : Vysshaya shkola, 1990. – 253 s.

4. Kunin, A.V. Kurs frazeologii sovremennogo anglijskogo yazyka : uchebnik dlya institutov i fakultetov inostrannykh yazykov; 2-e izd., pererab. / A.V. Kunin. – M. : Vysshaya shkola, 1996. – 381 s.

5. Kunin, A.V. Anglo-russkij frazeologicheskij slovar : 4-e izd., pererab. i dop. / A.V. Kunin. – M. : Russkij yazyk, 1984. – 944 s.

6. Reztsova, S.A. Allyuzii v khudozhestvennom tekste: problema perevoda (na materiale romana Nika KHornbi «Moj malchik») / S.A. Reztsova, N.YU. Stepanova // Globalnij nauchnij potentsial. – 2025. – № 8(173). – S. 361–364.

7. Retsker, YA.I. Teoriya perevoda i perevodcheskaya praktika: ocherki lingvisticheskoj teorii perevoda / YA.I. Retsker. – M. : Mezhdunarodnye otnosheniya, 1974. – 216 s.

8. SHadrin, N.L. Perevod frazeologicheskikh edinits i sopostavitelnaya stilistika / N.L. SHadrin. – Saratov : Izd-vo Saratovskogo universiteta, 1991. – 220 s.

© С.А. Резцова, А.А. Полторыхина, 2026

УДК 80

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК ИИ: НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ТОЧНОСТИ, ЭТИКИ И ДОВЕРИЯ

А.С. РЫБАКОВА, И.И. САЛАМАТИНА

ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», г.о. Коломна

Ключевые слова и фразы: информационные технологии; термин; унификация терминологии; этика; язык искусственного интеллекта.

Аннотация: Статья посвящена исследованию эволюции технического языка в сфере информационных технологий, рассматриваемой как инструмент этичного и инклюзивного формирования цифровой реальности. Целью работы является анализ фундаментальных терминологических изменений, отражающих переход от языка описания к языку созидания, а также выявление социокультурных, этических и юридических факторов, влияющих на этот процесс. В качестве методов исследования авторы обращаются как к теоретическим методам (обобщение и классификация), так и к практическим (наблюдение, сравнение и описание). Результатом исследования выступает обоснование конституирующей функции термина, который перестает быть пассивным средством номинации и становится активным инструментом снижения тревожности пользователей, повышения доверия к автономным системам и соответствия современным этическим стандартам.

Эволюция технического языка – это зеркало, в котором отражаются наши страхи, этические принципы и желание сделать мир технологий понятнее и безопаснее для всех. Сегодня мы наблюдаем тихую, но фундаментальную лингвистическую реформу: технологическое сообщество не просто обновляет словарь, а пересобирает смысловой каркас, на котором строится цифровая реальность. Это не дань политкорректности, а осознанный сдвиг от языка описания к языку созидания – этичного, точного и инклюзивного.

Язык программирования и описания информационных систем постепенно очищается от случайных, а подчас и вредных коннотаций, стремится к большей точности, нейтральности и инклюзивности. Эти изменения, инициированные как внутри сообщества, так и под влиянием внешних социокультурных факторов, демонстрируют, что терминология является активным инструментом формирования реальности, а не просто пассивным средством ее описания.

Одним из показательных примеров терминологического сдвига является переход от термина *black box* (черный ящик) к *opaque model* (непрозрачная модель), который был продиктован растущим требованием прозрачности понятия. Изначально *black box* представлял собой классический инженерный термин для описания системы, внутреннее устройство которой неизвестно. Однако в контексте искусственного интеллекта термин «черный ящик» приобрел резко негативный оттенок, став синонимом необъяснимости и потенциальной опасности. Регуляторы, общественность и сами разработчики стали требовать прозрачности, а этот термин ей прямо противоречил, как бы оправдывая нежелание заглянуть внутрь. В качестве замены утвердился новый термин – *opaque model*.

В некоторых случаях изменения продиктованы необходимостью юридической точности, как в случае со сменой термина *spam* (спам) на термин *unsolicited commercial email* (нежелательная коммерческая почта). *Spam* – это яркий культурный мем, но он считается слишком разговорным и непрофессиональным для использования в юридической документации, где требуется точная формулировка. Новый термин является юридически точным определением, которое однозначно описывает суть явления.

Схожие мотивы, но уже в плоскости соци-

альной ответственности, стоят за переходом от пары *master*/*slave* (ведущий/ведомый) к *primary*/*replica*, *leader*/*follower*, *main*/*secondary* (основной/вспомогательный). Исходные термины широко использовались в сфере информационных технологий для описания асимметричных отношений, когда один процесс или устройство управляет другим. Их замена была обусловлена необходимостью устранения терминов, обладающих болезненным историческим подтекстом, связанным с институтом рабства. Новые термины технически точны и лишены оскорбительных коннотаций, а их употребление демонстрирует зрелость индустрии, хотя, как мы видим, порождают синонимию.

К категории изменений, призванной скрыть негативные коннотации, относится также замена пары *whitelist* / *blacklist* (белый список / черный список) на *allowlist* / *blocklist* (список разрешений / список блокировок). Исходные термины использовались десятилетиями, но они неявно привязывали ценностные суждения к цветам кожи, что стало рассматриваться как разновидность расизма, не соответствующая этическим стандартам. Новые термины не только политически корректны, но и семантически точнее, так как прямо описывают действие, заложенное в понятие.

Другой аспект данной темы – гендерная нейтральность – проявился в замене термина *man-in-the-middle* (активное вмешательство в соединение) на *person-in-the-middle*. Исходный термин является классическим, но он гендерно специфичен, так как использует слово *man* (мужчина), что не соответствует реальности и исключает женщин из контекста.

Новые термины, такие как *person-in-the-middle* (если речь о человеке) или даже более точный *machine-in-the-middle* (если речь идет о программе), считаются инклюзивными и технически корректными.

Наконец, важным изменением в сфере психологии командной работы стал переход от пары *bug*/*defect* (баг/дефект) к *issue* / *feature request* (проблема / запрос на функциональность). Классические термины *bug* и *defect* могут восприниматься как обвинительные, порождая ненужную конфронтацию. Их современные альтернативы – *issue* и *feature request* лишены негативной коннотации и переориентируют обсуждение с поиска виновного на совместный поиск решения, что значительно повышает конструктивность коммуникации в проекте.

Стремление к смягчению агрессии в языке очевидно и в переходе от *kill switch* (система быстрого отключения) к *emergency stop* / *safety switch* (аварийная остановка / предохранитель). *Kill switch* все еще используется в системах безопасности, но глагол *to kill* (убивать) несет излишне агрессивный оттенок, особенно в контексте искусственного интеллекта, а новые термины делают акцент на функции безопасности.

Несомненно, выбор терминов оказывает фундаментальное влияние на восприятие пользователей, их доверие и готовность взаимодействовать с автономными системами, что подтверждается рядом лингвистических и психолингвистических исследований [*Reeves*, *Nass*, 1996]. Терминология, особенно в технических и научных областях, обладает не только когнитивной, но и эмоционально-оценочной нагрузкой, которая влияет на формирование отношения к объекту обозначения.

Исследования в области терминологии показывают, что успешное внедрение и стандартизация терминов требует учета не только их точности и однозначности, но и прагматических факторов – того, как термин воспринимается в конкретном социокультурном контексте. Таким образом, адаптация терминологии в области искусственного интеллекта и автономных систем должна учитывать психологические реакции пользователей, чтобы минимизировать барьеры восприятия и повысить эффективность коммуникации между человеком и машиной, а также внутри самого технологического сообщества.

В практическом плане это означает, что при разработке новых терминов или выборе существующих для описания технологий важно проводить лингвистический и социокультурный анализ, а также тестировать восприятие терминов целевой аудиторией.

Такой подход будет способствовать формированию терминологии, которая не только сможет точно отражать технические характеристики систем, но и будет содействовать позитивному отношению к ним, снижая уровень тревожности пользователей и повышая их доверие, а также соответствуя современным этическим стандартам.

Однако формирование адекватной современным вызовам терминологической среды невозможно без трансформации образовательной парадигмы, в рамках которой готовятся буду-

щие специалисты. Как справедливо отмечает И.И. Саламатина, в эпоху передовых цифровых технологий и нейросетей общество нуждается в педагогах, способных не только применять инновационные методики, но и осознанно формировать новое образовательное пространство, где ключевая роль отводится личности наставника как «проводника в будущее и навигатора в сложном, меняющемся мире» [2].

Таким образом, проанализировав эволюцию значений терминов, можно сделать вывод, что чем выше уровень автономности системы и степень ее взаимодействия с человеком, тем более осознанным и ответственным должен быть выбор терминологии. Эволюция языка в сфере информационных технологий – это не дань моде, а признак зрелости отрасли, которая начинает в полной мере осознавать свою социальную и культурную ответственность; это постоянный диалог между корпоративной политикой, инициативами сообщества и инерцией сложившейся практики. Это не гладкий и не линейный процесс, а сложные переговоры, в ходе которых профессиональная сфера заново определяет свои этические и культурные границы, буквально переписывая их в цифровом коде.

При этом индустрия не игнорирует аргументы сопротивления, будь то апелляция к «историческому контексту», опасения «цензуры» или прагматичные возражения о стоимости и рисках массового переименования. Напротив, она вырабатывает критерии, делающие изменения не только этичными, но и технически целесообразными. Этот взвешенный подход доказывает, что процесс направлен не на забвение истории, а на повышение точности и инклюзивности профессионального языка.

Таким образом, работа над терминологией перестает быть формальностью и становится актом профессионального осмысления, а ясность и этичность общения напрямую влияют на качество создаваемого продукта. Переписывая свой словарь, ИТ-сообщество не просто обновляет лексикон, а активно строит ту лингвистическую экосистему, которая будет адекватна его растущему влиянию на жизнь каждого человека и общества в целом.

Рассмотренные примеры терминологической реформы наглядно подтверждают выдвинутый ранее тезис о переходе термина от номинативной к конституирующей функции. Этот процесс знаменует собой качественный сдвиг в научной коммуникации XXI в., где язык выступает не только средством описания, но и средством созидания социально приемлемого технологического будущего.

Литература

1. Рыбакова, А.С. Общелитературная лексика в IT-сфере / А.С. Рыбакова // Вестник Государственного социально-гуманитарного университета. – 2020. – № 3(39). – С. 78–80. – EDN ZLZVBZ.
2. Саламатина, И.И. Перспективный апгрейд образовательной политики вузов: технологический прогресс, цифровизация, личность / И.И. Саламатина // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 1(166). – С. 93–96.
3. Reeves, B. The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places / B. Reeves, C. Nass. – Cambridge University Press, 1996.

References

1. Rybakova, A.S. Obshcheliteraturnaya leksika v IT-sfere / A.S. Rybakova // Vestnik Gosudarstvennogo sotsialno-gumanitarnogo universiteta. – 2020. – № 3(39). – S. 78–80. – EDN ZLZVBZ.
2. Salamatina, I.I. Perspektivnij apgrejd obrazovatelnoj politiki vuzov: tekhnologicheskij progress, tsifrovizatsiya, lichnost / I.I. Salamatina // Globalnij nauchnij potentsial. – 2025. – № 1(166). – S. 93–96.

© А.С. Рыбакова, И.И. Саламатина, 2026

УДК 37 (091)

ПОТЕНЦИАЛ ВНУТРИКОРПОРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Н.Е. ТИХАНОВА, М.Г. СЕРГЕЕВА

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

Ключевые слова и фразы: внутрикорпоративное обучение; внутрифирменное обучение; непрерывное образование; образовательное пространство; преподаватель высшей школы; профессиональная компетентность; профессиональное развитие педагогов.

Аннотация: Цель исследования – раскрытие возможностей внутрикорпоративного обучения в логике непрерывного образования вузовских преподавателей. Задачи исследования: выявить преимущества внутрикорпоративного обучения по сравнению с «выездными» формами непрерывного образования, проанализировать классификационные параметры внутрикорпоративного обучения и обосновать принципиальные характеристики соответствующего образовательного пространства. Методы исследования: анализ и синтез, сравнение. В качестве существенной предпосылки повышения профессионализма педагогических работников нами было рассмотрено их непрерывное внутрикорпоративное обучение, сильными сторонами которого можно признать экономическую целесообразность, приспособление обучающих программ к особенностям конкретной образовательной организации и ускорение профессиональной адаптации новых преподавателей. Представлены формы внутрикорпоративного обучения для определения наиболее прогрессивных из них относительно преподавателей высшей школы, сформулированы требования к образовательному пространству, обуславливающие эффективность повышения профессиональной педагогической компетентности внутри образовательной организации.

Профессиональное развитие в любой отрасли хозяйствования необходимо рассматривать в контексте непрерывного образования с тем чтобы быть в тонусе происходящих перемен в скоростном и постоянно усложняющемся мире. В педагогической доктрине накоплен внушительный потенциал для оптимизации различных аспектов организации и осуществления непрерывного образования, аргументированы богатство и мощь непрерывного образования как средства приумножения личностных резервов [1].

Поиск способов непрерывного повышения профессионального уровня педагогов, которые бы содействовали сохранению их трудовых установок и обогащению спектра выполняемых функций для нужд системы высшего образования, релевантных социокультурной среде и особенностям конкретного педагогического коллектива, выдвигает на передний план изучение внутрикорпоративной модели обучения.

Изначально внутрикорпоративное обучение как форма повышения профессионализма сотрудников зародилось в реальном секторе экономики. В последние годы идеи внутрикорпоративного обучения обрели высокую популярность: на предприятиях активно создаются обучающие отделы и центры, а в крупных компаниях, связанных с *IT*, финансами и брендменеджментом, – корпоративные университеты. Согласно исследованиям, затраты на обучение персонала в ведущих международных корпорациях занимают второе место после оплаты труда. Несмотря на экономические катаклизмы и значительные расходы на внутрикорпоративное обучение, такие вложения рассматриваются как эффективные инвестиции в развитие. Научные данные подтверждают их более высокую

отдачу по сравнению с вложениями в основные фонды. Помимо этого, в условиях дефицита материальных ресурсов именно высококвалифицированные кадры становятся уникальным активом, поскольку способны находить решения в нестандартных ситуациях и тем самым давать высокий результат деятельности организации и обеспечивать ее конкурентное преимущество. Поэтому инвестиции организации в обучение персонала могут приносить не только прибыль, но и сверхприбыль [3].

Конкретизация результатов научных исследований применительно к высшей школе позволяет выделить преимущества внутрикорпоративного обучения преподавателей.

Во-первых, профессиональное развитие за счет внутреннего потенциала (кадры, имущественная база и т.п.) без логистических расходов на «выездное» обучение выгодно для образовательной организации с экономической точки зрения.

Во-вторых, внутрикорпоративное обучение предполагает разработку обучающих программ с учетом особенностей функционирования именно этой образовательной организации в перспективе возможных перемен. Соответственно, преподаватели формируют или развивают профессиональные компетенции, которые являются ключевыми при осуществлении собственной профессиональной деятельности.

В-третьих, обучение внутри образовательной организации позволяет ускорить процесс адаптации преподавателей, недавно пополнивших штат педагогических работников, в нужном русле посредством подбора соответствующих методов и средств.

Классификацию внутрикорпоративного обучения в научных кругах принято проводить по двум параметрам, выделяя индивидуальные и групповые, а также пассивные и активные формы [4]. При пассивном обучении задача обучающегося состоит в усвоении готового контента (например, обучение «по продукту», наставничество), тогда как активное обучение требует самостоятельного поиска и структурирования информации (например, тренинг, коучинг), являясь более востребованным на современном этапе [2]. При этом внутрикорпоративное обучение может быть формальным, неформальным и информальным. Поскольку формальное внутрикорпоративное обучение, проводимое в рамках дополнительного профессионального образования (повышение квалификации и профессиональная переподготовка), зачастую отличается неповоротливостью, содержательными ограничениями и существенным отставанием от практико-ориентированного запроса на вузовского преподавателя, в управленческом и методическом сообществах наблюдается рост интереса к неформальным (клубы по интересам, конференции и др.) и информальным (СМИ, посещение библиотек и др.) формам, методам и средствам внутрикорпоративного обучения.

Рассматривая внутрикорпоративное обучение в контексте специально организованного непрерывного образования преподавателей высшей школы, на основе анализа литературы методической направленности можно сформулировать принципиальные характеристики образовательного пространства, обеспечивающие эффективность обучения в рамках образовательной организации с точки зрения повышения профессиональной компетентности.

1. Целеполагание внутрикорпоративного обучения закладывается исходя из требований компетентностного подхода, принимая во внимание особенности образования взрослых.

2. Внутрикорпоративное обучение базируется на специальной обучающей программе (первичного или последующего обучения), которая отражает проблемные аспекты педагогической реальности конкретной образовательной организации и обеспечивает устойчивую корреляцию актуальной теории и практики. Гибкое соединение актуальной теории с практикой, при котором каждый усвоенный элемент теоретических знаний немедленно применяется на своем рабочем месте, является ключевым требованием комплексного подхода с точки зрения расширения профессионального кругозора обучающегося и спектра его практических возможностей.

3. Реализация программы внутрикорпоративного обучения осуществляется педагогическими кадрами, которые способны отказаться от традиционных дидактических моделей в пользу инновационных методик, основанных на субъект-субъектном взаимодействии. Такой подход позволит преподавателю (или тренеру, наставнику) наладить канал обратной связи с преподавателями, проходящими обучение. Участие последних в систематическом информационном обмене относительно хода учебного процесса и степени освоения профессиональных компетенций создает условия для оперативной коррекции обучающей программы. В результате появляется возможность последовательно со-

вершенствовать ее содержание, доводя до уровня, в полной мере соответствующего актуальным потребностям конкретной образовательной организации. Кроме того, ключевым требованием к педагогическим кадрам выступает осведомленность в области реальных либо смоделированных профессиональных ситуаций.

4. В процессе внутрикорпоративного обучения активизируется мотивационный фактор профессионального развития как с внутренней, так и с внешней стороны, когда поощрение активности преподавателей происходит на базе разработанного механизма качественной оценки результативности освоения обучающей программы.

Таким образом, внутрикорпоративное обучение преподавателей высшей школы в логике непрерывного образования является перспективным благодаря тем возможностям, которые оно открывает для формирования кадрового резерва образовательной организации, ориентированного на эталонный образ успешно функционирующего педагога. При организации внутрикорпоративного обучения, способного полноценно выполнять свое предназначение и при этом находиться в динамике, следует иметь в виду определенные характеристики образовательного пространства.

Литература

1. Залкина, Н.П. Построение профессиональной карьеры в контексте компетентностного подхода : монография / Н.П. Залкина, М.Г. Сергеева. – Курск : Региональный финансово-экономический институт, 2013. – 246 с.

2. Колбасин, В.Н. Свойства внутрикорпоративного обучения специалистов социальной сферы / В.Н. Колбасин // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 54-3. – С. 36–43.

3. Костицин, Н.А. Система факторов эффективности профессионального, организационного и корпоративного обучения / Н.А. Костицин // Управление развитием персонала. – 2005. – № 4. – С. 2–15.

4. Пустынникова, Ю.М. Система внутрикорпоративного обучения – высшая степень развития организации / Ю.М. Пустынникова, Е.А. Скриптунова // Офис-файл. – 2003. – № 52(май) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.axima-consult.ru/stati-3-17.html.

References

1. Zalkina, N.P. Postroenie professionalnoj karery v kontekste kompetentnostnogo podkhoda : monografiya / N.P. Zalkina, M.G. Sergeeva. – Kursk : Regionalnij finansovo-ekonomicheskij institut, 2013. – 246 s.

2. Kolbasin, V.N. Svojstva vnutrikorporativnogo obucheniya spetsialistov sotsialnoj sfery / V.N. Kolbasin // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2019. – № 54-3. – S. 36–43.

3. Kostitsin, N.A. Sistema faktorov effektivnosti professionalnogo, organizatsionnogo i korporativnogo obucheniya / N.A. Kostitsin // Upravlenie razvitiem personala. – 2005. – № 4. – S. 2–15.

4. Pustynnikova, YU.M. Sistema vnutrikorporativnogo obucheniya – vysshaya stepen razvitiya organizatsii / YU.M. Pustynnikova, E.A. Skriptunova // Ofis-fajl. – 2003. – № 52(maj) [Electronic resource]. – Access mode : http://www.axima-consult.ru/stati-3-17.html.

© Н.Е. Тиханова, М.Г. Сергеева, 2026

УДК 534.26

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАМАТЕРИАЛОВ ИЗ СПИРАЛЬНЫХ ФОНОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

МИНСЮЙ ГО, Н.Р. ТУРКИНА, ШИБО СИН

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

Ключевые слова и фразы: COMSOL Multiphysics; 2*D*-фононный кристалл; 3*D*-фононный кристалл; акустика; звукоизоляция; оптимизация.

Аннотация: В данной статье анализируется звукоизоляция двухмерных и трехмерных спиральных фононных кристаллов с резонаторными полостями разных размеров с использованием программы моделирования *SolidWorks*, акустического модуля программы *COMSOL Multiphysics* и оптимизация в программе *Python*. Результаты показывают, что параметры толщины пластины существенно влияют на звукоизоляционные характеристики акустических метаматериалов, максимальные средние потери при вставке составили 46,56 дБ. Установлено, что разумная оптимизация структурной геометрии может эффективно усиливать локальный резонансный эффект, тем самым улучшая низкочастотную звукоизоляцию акустических метаматериалов.

Введение

Акустические метаматериалы (**АМ**) – это материалы, состоящие из периодических искусственных структур с субволновой длиной и определенной конструкцией, предназначенные для снижения уровня шума [1; 2]. Преимущества АМ заключаются в способности управления низкочастотными частотами, изменяя структурные параметры, скорость звука, импеданс и другие характеристики, которыми можно точно регулировать шумоподавление [3; 4].

Построение модели

Модель АМ была построена в программе *SolidWorks* [5–6] и учитывала структуру ограниченного размера, как это показано на рис. 1. Далее были выбраны материалы для смоделированной конструкции – резина со свойствами из встроенной библиотеки материалов в *COMSOL Multiphysics*, спиральная часть и полость – в качестве рабочей среды был использован воздух. Были использованы начальные условия для резины: плотность – 1100 кг/м^3; модуль упругости – 1,5 МПа; коэффициент Пуассона – 0,499. Для спирального метаматериала толщина пластины (d) – это вариативное значение, которое составляет от 4 до 30 мм, при этом спиральная полость увеличивается с повышением значения d и всегда проходит через тонкую пластину. Длина и высота пластины – 30 мм, спиральный угол – 2π в начале и 6π в конце вращения.

Анализ и оптимизация моделирования

Анализ проводился с помощью связи «звук – структура» в модуле программы *Pressure-Acoustics Module* и модуле *Solid-Mechanics* с применением управляющих уравнений (1)–(3) следующим образом:

$$\nabla \cdot \left(-\frac{1}{\rho_c}\left(\nabla_{p_t} - q_d\right)\right) - \frac{k_{eq}^2 p_t}{\rho_c} = Q_m, \qquad (1)$$

$$p_t = p + p_b, \qquad (2)$$

$$k_{eq}^2 = \left(\frac{\omega}{c_c}\right)^2 - k_z^2, \qquad (3)$$

где ρ_c – плотность материала, кг/м^3; P_t – общее давление, Па; q_d – дипольный источник, H/M^3;

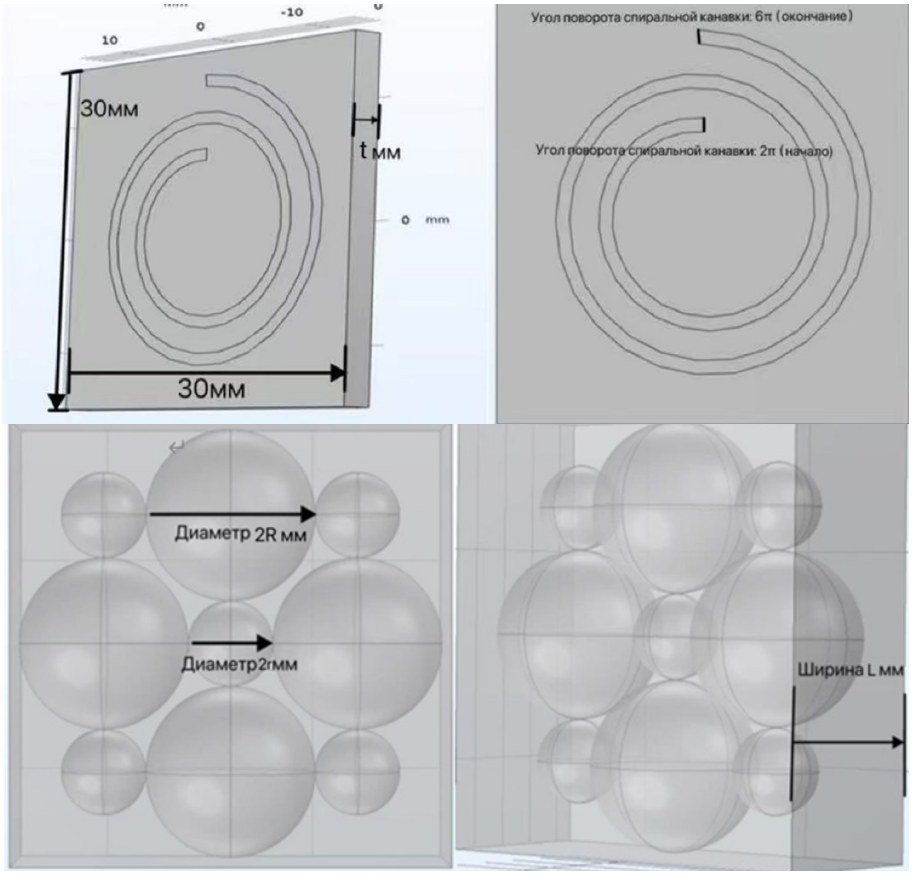

Рис. 1. Тонкопластинчатый спиральный метаматериал (вверху) и метаматериал с полостями разных размеров (внизу)

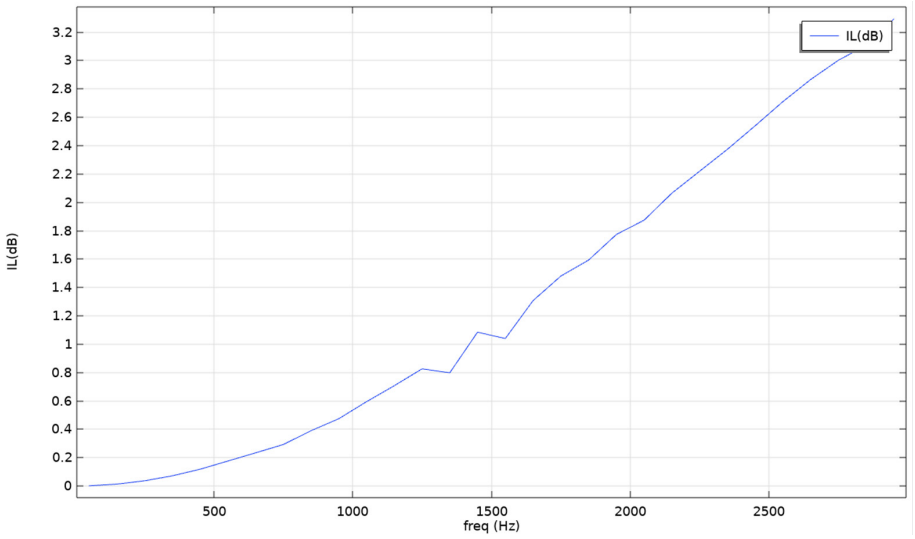

Рис. 2. Диаграмма потерь

Q_m – однополярный источник; p – давление, Па; p_b – фоновое давление; ω – угловая скорость; c_c – скорость звука, м/с.

Результаты моделирования снижения шума при вставке спиральных метаматериалов с толщиной пластины 4 мм в *COMSOL* приведены на

```
import mph
import numpy as np
import pandas as pd

client = mph.start()

model = client.load(r"E:\SF_opt\meta_model.mph")

results = []

for t in range(4, 30, 2):

    print("t =", t)

    model.parameter("t", f"{t}[mm]")
    model.solve()

    IL_array = model.evaluate("IL")
    IL_avg = np.mean(IL_array)

    print("IL_avg =", IL_avg)

    results.append([t, IL_avg])

pd.DataFrame(results, columns=["t", "IL_avg"]).to_excel("result.xlsx", index=Fal

print("done")
```

Рис. 3. Пример программного кода в программе *Python* для оптимизации при толщине пластины 4–30 мм

Таблица 1. Зависимость средних значений потерь от толщины пластины

Толщина, мм	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Снижение, дБ	1,3	34,8	34,2	35,5	36,0	37,2	40,1	41,3	42,7	44,7	42,6	40,8

Таблица 2. Средние значения потерь

Толщина, мм	4	6	8	10	12	14	16	30	31
Радиус, мм	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	9,0	9,3
Снижение, дБ	0,8	4,2	7,4	9,2	8,7	8,8	10,0	23,7	21,3

рис. 2.

Далее программы *Python* и *COMSOL* использовались для оптимизации конструкции метаматериалов, а также была проанализирована толщина в интервале 4–30 мм с лучшим эффектом звукоизоляции в диапазоне частот 50–3000 Гц (рис. 3).

Затем был выполнен ввод вышеуказанных значений в программу *Python*: средние значения потерь при вставке (IL_{avg}) при каждом увеличении толщины пластины на 2 мм в диапазоне 4–30 мм при частоте 50–3000 Гц представлены в табл. 1. Из полученных результатов видно, что при толщине пластины 22 мм среднее значение потерь при вставке является наибольшим – около 44,7 дБ. При оптимизации толщины пластины с шагом 0,2 мм было установлено, что звукоизоляция наиболее эффективна, когда толщина платы – 22,6 мм, что составляет около 46,45 дБ.

Результаты моделирования снижения шума при вставке метаматериалов с полостями разных размеров и толщиной пластины 4 мм в программе *COMSOL* приведены на рис. 4.

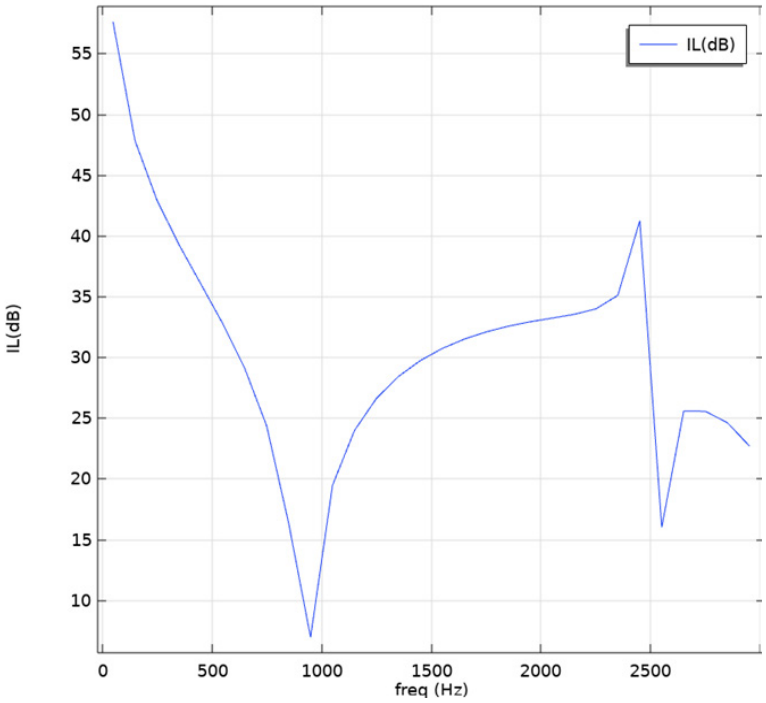

Рис. 4. Диаграмма потерь моделирования снижения шума при вставке метаматериалов с полостями разных размеров

Далее было рассчитано снижение шума в зависимости от толщины пластины в интервале 4–32 мм в диапазоне частот 50–3000 Гц и соответствующего радиуса полостей с помощью программ *Python* и *COMSOL*. Результаты приведены в табл. 2.

Результаты расчета в программе *COMSOL* показывают, что при толщине пластины 30 мм и радиусом больших сфер 9,0 мм эффект звукоизоляции является лучшим (среднее значение потерь 23,7 дБ). Результаты оптимизации в *Python* – при толщине пластины 30,2 мм и радиусом большой сферы – 9,06 мм звукоизоляция является максимальной и составляет 24,38 дБ.

Заключение

Таким образом, данное исследование посвящено ключевым вопросам снижения шума метаматериалов из спиральных фононных кристаллов. С использованием *SOLIDWORKS* для моделирования, *COMSOL* для анализа симуляции и *Python* для оптимизации были проведены расчеты оптимальных размеров пластин АМ. Установлено, что для спиральных акустических метаматериалов при увеличении толщины пластины с 4 до 22 мм средние потери при вставке увеличиваются с 1,30 до 44,74 дБ, а звукоизоляция значительно улучшается. Дальнейшая локальная тонкая оптимизация обеспечивает наилучшую звуковую изоляцию при толщине пластины 22,59 мм со средними потерями вставки 46,56 дБ. Для акустических метаматериалов со сферами разных размеров при одновременном увеличении толщины пластины и радиуса полости качество структурной звукоизоляции постепенно улучшается, а максимальные средние потери при вставке до оптимизации составляют 16,03 дБ. После оптимизации оптимальное значение 24,38 дБ достигается при толщине пластины 30,2 мм и радиусом сфер 9,06 мм, а звукоизоляция улучшается примерно на 52,11 %.

Сравнительный анализ показывает, что низкочастотная звукоизоляция спиральных акустических метаматериалов значительно лучше, чем у структур с полостями, потому что спиральная структура может эффективно расширять путь распространения звуковой волны и усиливать локальный резонансный эффект, обеспечивая более сильную способность ослаблять звуковую энергию.

Литература

1. Xia Yilin, Wu Jiajiu, Low-frequency vibration environment and its simulation of space launch [J]. Intensity and Environment, 1998(1):1–8.

2. Guangxin Liao, Congcong Luan, Zhenwei Wang, Jiapeng Liu, Xinhua Yao, Jianzhong Fu. Acoustic metamaterials: A review of theory, structure, fabrication methods, and applications. Advanced Materials Technology. Дата публикации: 2021-02-19, DOI:10.1002/admt.202000787.

3. Meng Deshi, Li Lijun, Li Min. A Review on Structural Design of Acoustic Metamaterials, Journal of Functional Materials and Devices, School of Transportation and Automotive Engineering, Shandong University of Technology, April 2021, Vol. 27, No. 2.

4. Ding Changling, Zhao Xiaopeng, Hao Limei, Zhu Weizhen. Acoustic metamaterial based on open hollow sphere. Acta Physicala, Vol. 60, No. 4 (2011).

5. Туркина, Н.Р. Моделирование шумоизоляционных экранов транспортных магистралей / Н.Р. Туркина, М. Го, Ш. Син // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте : сборник статей XI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 302–306. – EDN FHSGWN.

6. Кознов, Г.Ю. Оценка действия динамических нагрузок на противотаранное устройство / Г.Ю. Кознов, Н.Р. Туркина, А.З. Красильников // Актуальные проблемы защиты и безопасности : труды XXVI Всероссийской научно-практической конференции, Том 2. – СПб. : Типография Любавич, 2023. – С. 184–188. – EDN XJVAHP.

References

5. Turkina, N.R. Modelirovanie shumoizolyatsionnykh ekranov transportnykh magistralej / N.R. Turkina, M. Go, SH. Sin // Innovatsii tekhnicheskikh reshenij v mashinostroenii i transporte : sbornik statej XI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii molodykh uchenykh i studentov s mezhdunarodnym uchastiem. – Penza : Penzenskij gosudarstvennij agrarnij universitet, 2025. – S. 302–306. – EDN FHSGWN.

6. Koznov, G.YU. Otsenka dejstviya dinamicheskikh nagruzok na protivotarannoe ustrojstvo / G.YU. Koznov, N.R. Turkina, A.Z. Krasilnikov // Aktualnye problemy zashchity i bezopasnosti : trudy XXVI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii, Tom 2. – SPb. : Tipografiya Lyubavich, 2023. – S. 184–188. – EDN XJVAHP.

© Минсюй Го, Н.Р. Туркина, Шибо Син, 2026

АННОТАЦИИ
Abstracts

Method for Detecting Automated HID Input Based on Windowed Analysis of Time Characteristics of Keyboard Handwriting

I.I. Borisenko, R.B. Petriv, I.A. Seregin, N.L. Storozhuk
Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg

Keywords and phrases: BadUSB; keyboard handwriting; Isolation Forest; anomaly detection; HID attacks; behavioral biometrics; sliding window; machine learning.

Abstract: BadUSB attacks pose a serious threat to the information security of corporate systems. The principle of the attack is that an ordinary-looking USB device (such as a flash drive) is reprogrammed so that the operating system treats it as a standard keyboard. Once connected, such a device automatically enters malicious commands on behalf of the user, while remaining invisible to antivirus programs, firewalls, and monitoring systems of connected devices. Existing security features-whitelists of allowed devices based on manufacturer and product identifiers, hardware port blockers, and detectors based on the input threshold speed – have significant limitations: vulnerability to identity forgery, high implementation costs, and a 15–20 % false positive rate. The aim of the study is to develop a method for detecting automated keyboard input based on a personalized analysis of the user's keyboard handwriting-stable individual features of the rhythm of keystrokes. The paper proposes a technique that uses a six-dimensional vector of input time characteristics and the Isolation Forest machine learning algorithm to distinguish human input from malicious device input. Based on the results of the experimental evaluation, the recognition accuracy was 94.86 %, the completeness of attack detection was 95.33 %, and the probability of false blocking of a legitimate user was reduced to 0.017 %. The practical value of this work is the ability to deploy the proposed solution on standard workstations without administrator rights and without modifying the operating system kernel.

Mathematical Modeling of Adaptive Educational Trajectories to Assess the Reliability of the Process of Mastering a Professional Foreign Language

D.A. Volkov, M.V. Ilyukhin
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

Keywords and phrases: simulators; training; adaptive learning; educational analytics; ridge regression; Weibull-Gnedenko distribution; reliability theory; censoring; maximum likelihood method; forecasting.

Abstract: The development of digital educational platforms for training specialists in the oil and gas industry makes it important to create tools for managing the learning process. The aim of the study is to develop and evaluate mathematical models for supporting the learning process for a web application for learning a professional foreign language in the oil and gas industry. The problems of formalizing predicting the student's result and constructing a reliability model with an estimate of parameters during censoring are solved. To achieve this goal, the methods of regression analysis, reliability theory, and survival analysis were used. As a result, two complementary models are proposed: the first predicts

the student's result and forms personal goals and motivational rewards, the second diagnoses the learning phase and the probability of non-completion of the course based on the Weibull-Gnedenko distribution. It is shown that the regression model statistically significantly exceeds the baseline forecast (determination coefficient $R^2 = 0.71$), and the reliability model is sensitive to the complexity of the course. The proposed models are invariant to the choice of language for teaching, as well as transferable to other subject areas.

Dynamic Selection of Video Keyframes for Selective Image Processing in the Task of Analyzing Road Surface Quality

A.D. Derevenskov, S.S. Shapovalov, I.V. Osadchiy, T.A. Sobolevskaya
Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Key words and phrases: road quality analysis; roadbed video analysis; data deduplication; road diagnostics; computer vision; image processing; road condition assessment; surface defect detection; reduction of computational load.

Abstract: In the modern road sector, it is extremely important to quickly and objectively assess the state of highways. The increasing traffic flow leads to intensive wear of the coating, which requires modern monitoring methods. Computer vision technologies provide an opportunity to automate the analysis process and improve its accuracy. The article considers one of the classical approaches to analyzing the quality of road surfaces and also justifies the need to improve it.

The study aims to reduce the computational load and eliminate duplicate frames when analyzing the road surface. The research objective is to develop a method for dynamic selection of keyframes based on a certain dependence of the number of merge frames on the speed of movement. To achieve the research objective, the developed method of dynamic selection of key frames of the video sequence for selective image processing in the task of analyzing the quality of the road surface is used. The research hypothesis suggests that the method of dynamic selection of keyframes reduces the time required to form an objective assessment of the state of highways by reducing the computational load based on the exclusion of duplicate video frames. Based on the results of the study, the following results were achieved: the dependence of the number of merge frames on the speed of movement was determined, and a method for dynamic selection of key frames of the video sequence for selective image processing in the task of analyzing the quality of the road surface was developed.

Integrated Risk Prediction Method for Business Processes Based on Process Mining and Machine Learning

S.I. Kaliberda, A.B. Chernyshev
Bunin Yelets State University, Yelets

Keywords and phrases: process mining; predictive process monitoring; risk prediction; conformance checking; event log; machine learning; conceptual drift; interpretability.

Abstract: The study aims to develop a method for integrated risk forecasting in business processes that combines the features of process mining and machine learning methods for early assessment of an unfavorable outcome. The research objectives are to analyze existing approaches to predictive monitoring, identify their limitations, formalize the process risk criterion, develop the MIPR method and describe the protocol for its experimental verification in public event logs. The research hypothesis assumes that taking into account not only the sequence of events, but also the structure of the process and metrics of compliance with the regulatory model increases the quality and validity of forecasting process risks. Research methods include process mining, event log analysis, compliance metrics calculation, machine learning methods, and risk-based modeling. The findings are as follows: a method

for integrated risk prediction of MIPR is proposed, an integral risk criterion is introduced, an algorithmic pipeline is described, and a reproducible experimental protocol is formed. The method results in an estimate of the expected process risk R.

Methods of Safe Control of AI Agents' Behavior: Restrictions, Validation, Monitoring

L.V. Kruglova, A.A. Fedoseeva, M.A. Kerimov
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University Пampucaof Russia, Moscow

Key words and phrases: AI agents; AI security; AI alignment; prompt injections; constitutional AI; red-team testing; agent monitoring; formal verification.

Abstract: The goal of the study is to systematize ways to safely control the behavior of autonomous AI agents and to justify a three-level control architecture for production systems. To achieve this goal, we set the tasks of classifying threats to agent systems, comparing control methods by completeness of guarantees, cost, scalability, interpretability and suitability for real-time operation, as well as developing practical recommendations for designing controlled agents. The hypothesis of the study is that the combination of static constraints, dynamic validation of actions, and continuous monitoring reduces the risk of unsafe behavior more effectively than using each method separately. The paper uses methods of analytical review of scientific sources, comparative analysis, threat classification, and architectural modeling. The following results are obtained: the main classes of AI agent risks are identified, formal verification, CAI, RLHF, and automated red-teaming are compared, a three-level-control architecture is proposed, and recommendations for its practical application are formulated.

Evaluating the Impact of IoT Device Density on Wireless Network Bandwidth

S.V. Malakhov, D.A. Kurbatov, L.V. Danileyko, S.A. Spirin
Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Key words and phrases: Internet of Things; wireless network; simulation; bandwidth; transmission delay; channel congestion; QoS.

Abstract: The aim of the study is to quantify the impact of the growth in the number of IoT nodes on the operation of a wireless network with limited channel speed and buffer capacity. The average latency, 95th percentile, packet loss, net throughput, and queue length are considered. A Python simulation model is constructed Python, experiments are performed by varying the number of devices, channel speed, and traffic intensity, and the area of network congestion transition is determined. The hypothesis assumes that when the channel load approaches unity, adding new nodes causes a sharp deterioration in QoS. The verification was performed by discrete-event modeling, repeated runs, and comparison with the calculated estimate. The results showed a threshold effect. In the basic configuration (250 kbit/s, 8000 bits, 0.25 packets/s), the maximum density is 120 devices. If the speed is halved or the intensity is increased to 0.5 packets/s – 60 devices. Over the threshold, delays grow by more than an order of magnitude, losses increase rapidly, and node growth does not increase the useful throughput.

Methods for Visualizing Digital Models of Historical Artifacts

V.P. Radchenko, A.S. Zuev, T.A. Dyakonova
Volgograd State University, Volgograd, Russia

Key words and phrases: visualization methods; digital models; copies of historical artifacts; retopology; photorealistic 3D models.

Abstract: The purpose of this paper is to develop methods for visualizing digital models of historical artifacts using specialized software. The source of digital objects is models created using structured illumination 3D scanning technology. For a photorealistic display of a 3D model, you need to prepare, namely, create a low-poly representation. Using materials, a detailed texture normal map, and a roughness map allows you to convey not only the shape of an object, but also the nature of its surface corrosion and oxidation. The developed methods for creating photorealistic digital models of historical artifacts can be used in VR space, allowing you to view them in detail in an interactive format.

Архитектура автоматизированной системы распределения заявок в омниканальном сервисе

М.О. Иглин, Е.А. Свиридова, А.Н. Свиридов
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва

Ключевые слова и фразы: высоконагруженная система; маршрутизация заявок; распределение заявок; омниканальный контур обслуживания; backend-архитектура; горизонтальное масштабирование; PostgreSQL; RabbitMQ; ESB; согласованность состояния; отказоустойчивость.

Аннотация: В статье представлено проектирование высоконагруженной системы автоматизированной маршрутизации и распределения заявок между менеджерами в омниканальном контуре обслуживания. Цель исследования состоит в разработке архитектуры автоматизированной системы распределения заявок между менеджерами в омниканальном сервисе, обеспечивающей устойчивую обработку входящего потока при высокой и неравномерной нагрузке. Для достижения цели решены задачи анализа ограничений централизованной backend-архитектуры, определения требований к целевому решению, декомпозиции системы на функциональные контуры приема, нормализации, маршрутизации, фиксации назначения и интеграционной доставки, а также обоснования выбора PostgreSQL, Redis и брокера сообщений или ESB. Гипотеза исследования заключается в том, что выделение критического контура назначения заявок и перенос вторичных операций в асинхронную обработку позволяют повысить устойчивость системы и снизить риск дублирующего распределения. В работе использованы методы системного анализа, архитектурного проектирования, сравнительного анализа технологических компонентов и моделирования потоков обработки заявок. В результате предложена целевая архитектура высоконагруженной системы, обеспечивающая контролируемое назначение заявок, локализацию деградации зависимых компонентов, поддержку горизонтального масштабирования и повышение стабильности работы омниканального сервисного контура при пиковых нагрузках.

Development and Research of a Hybrid Parallel Algorithm DBSCAN for Processing Spatial Data LiDAR Based on MPI and CUDA Technologies

M.B. Spivakov, R.R. Goncharov, T.R. Kostyuchenko, O.G. Maleev
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Keywords and phrases: spatial clustering; parallel computing; DBSCAN; MPI; CUDA; supercomputing technologies; LiDAR; space decomposition.

Abstract: The aim of the study is to develop and evaluate the effectiveness of the hybrid parallel spatial clustering algorithm DBSCAN for accelerating the processing of laser scanning data arrays. The main tasks identified are bypassing video memory limitations on GPUs and minimizing the execution time for clustering ultra-large spatial data sets. The hypothesis of the study is that the integration of the message passing interface and the CUDA computing platform using spatial grid indexing will effectively scale the performance of the algorithm and eliminate memory overflow on single nodes. Methods of parallel computing, spatial grid hashing for the distribution of coordinates on GPUs, and

global hierarchical graph merging for combining clusters on the central processor are applied. The results obtained experimentally confirm the high scalability of the approach on a data set of 3.66 million points. The algorithm successfully prevented video memory shortage failures, reducing peak demand from a critical 12 gigabytes to a stable 2.42 gigabytes per device, and also provided a multiple acceleration of calculations. The developed method is applicable for batch processing systems and three-dimensional modeling of large territories.

The Ontological Life Cycle Management Model of Machine Learning Operations (MLOps)

D.S. Starkova, A.D. Ulanov, A.V. Frolov, S.V. Malakhov
Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara

Key words and phrases: MLOps; ontological model; machine learning model lifecycle; semantic technologies; multi-agent system; Protégé; Owlready2; cognitive load.

Abstract: The article is devoted to solving the problem of high cognitive load on engineering staff in MLOps systems caused by fragmentation of tools and metadata. The aim of the research is to develop an ontological model of life cycle management (**LCM**) of machine learning models that provides automation of decision-making in complex sociotechnical systems. The work is based on the hypothesis that using a multi-level ontology as a single semantic layer in a multi-agent environment will reduce the time required to prepare models and reduce cognitive load by automatically matching artifact states and infrastructure context. The research is based on the methods of ontological engineering (using the Protégé environment and the OWL language), a multi-agent approach, and software implementation in Python using specialized libraries (Owlready2, Pandas). The results achieved include the developed ontological model and a software prototype integrated into the multi-agent architecture. During testing, we experimentally confirmed a reduction in the preparation time for new versions of models from 45 to 12 minutes, a reduction in the integral cognitive load indicator by 38 % on the NASA-TLX scale, and the achievement of automatic inference accuracy at the level of 85 %.

Review and Analysis of Registration Methods for Heterogeneous Partially Intersecting Three-Dimensional Models

A.S. Sulimov, M.P. Romanov
MIREA – Russian Technological University, Moscow

Key words and phrases: registration of point clouds; rigid alignment of three-dimensional models; partial overlap; heterogeneous data.

Abstract: The aim of the study is to systematically analyze modern methods of rigid registration of three-dimensional models defined by point clouds, from the point of view of their applicability to the problem of combining heterogeneous data. The hypothesis is tested that the existing approaches do not fully solve the problem of registration in the case of asymmetric partial overlapping of models obtained by fundamentally different measurement methods. The following tasks are solved: systematization of registration methods, analysis of the mathematical foundations and practical limitations of each class of methods, identification of the possibility of registering heterogeneous data. The method of comparative analysis of scientific literature and classification of algorithms is applied according to the criteria of the need for an initial approximation, the ability to work with partial overlap, computational complexity and robustness to noise. The results obtained show that none of the methods considered is focused on the scenario of asymmetric overlap, which is typical for combining a surface scan with a volume model, and thus confirms the relevance of developing a specialized algorithm.

Structural Model of an Automated Process Control System for Verifying Digital Information Models

D.S. Arepyeva, D.A. Sergienko, A.D. Chizhevskaya, S.S. Fedorov
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: digital information model; automated control system; information modeling technologies; verification process; object life cycle; structural model.

Abstract: The aim of the study is to develop a structural model that provides control of technological processes for verifying a digital information model through strict decomposition of functional modules and integration of simulation data with empirical data. The tasks are to formalize the structural model of the control system, describe its composition and functions of modules, draw conclusions about the possibility of using this model. The research hypothesis assumes that the possibility of forming a structural model of an automated process control system for verifying a digital information model will significantly improve the quality of its verification. Research methods included simulation modeling, data analysis, synthesis and systematization.

Industrial Enterprise Data Processing and Visualization System Based on Integration of Technological, Laboratory and Intelligent Services

D.V. Zaronov, A.A. Shchetinina, Ya.I. Shamlitsky
Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

Key words and phrases: industrial enterprise; data processing; visualization; laboratory control; industrial safety; anomalies; intelligent analytics.

Abstract: The article considers the architecture of the industrial enterprise data processing and visualization system, which combines technological telemetry, laboratory control and intelligent analytics. The proposed architecture solves the problem фрагментированностиof data fragmentation, reduces the response time to deviations, and increases production security. The purpose of the article is to substantiate architecture that integrates telemetry, laboratory monitoring, and intelligent analytics. Tasks: analysis of data fragmentation; justification of the ISA-95/IEC 62264 standards, OPC UA and MQTT protocols; development of an approach to data contextualization, KPI calculation, role visualization and early warning of deviations; determination of the place of intelligent methods with separation of analytical and executive security loops. Methods included analysis and generalization of standards, review of anomaly detection methods, modeling of flow architectures. The findings are as follows: multi-layered architecture is proposed that includes hybrid data acquisition, streaming delivery, contextualization, KPI calculation, role-based HMI visualization, and intelligent early warning modules. Conclusions: the use of the proposed architecture in chemical and technological production makes it possible to move to a single industrial data space, increasing quality transparency, reducing reaction time and ensuring safety.

Improving the Technology of Whiskey Distillate Aging: From Theory to Practice

M.G. Kulikova, N.A. Novikov
Branch of National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk

Key words and phrases: aging of whiskey distillates; process intensification; extraction technologies; chemical composition of distillate; organoleptic properties; maturation period; alcohol products; optimization of technological processes; aging efficiency.

Abstract: The relevance of the study is due to the growing need to reduce the aging time of whiskey distillates while preserving their organoleptic and chemical qualities in the context of increasing demand

for high-quality alcoholic beverages. One of the key factors in optimizing the aging process is the use of intensive methods, including extraction technologies, which allow you to accelerate the extraction of substances from the oak barrel and the formation of a characteristic taste and aroma of whiskey. The aim of the study is to evaluate the effectiveness of intensive methods of aging whiskey distillates and analyze their impact on the quality indicators of distillate. Research objectives included the analysis of the influence of intensive aging parameters (temperature, extraction time, extractant type, fraction size) on the chemical composition and organoleptic properties of whiskey distillate; experimental studies of the aging process in laboratory conditions; comparative analysis of traditional and intensified aging by key quality indicators. The hypothesis of the study is that the use of intensive methods of aging whiskey distillates contributes to a significant reduction in maturation time while maintaining or improving organoleptic characteristics and chemical composition. Research methods include chemical analysis of distillates (gas chromatography, spectrophotometry), organoleptic evaluation, laboratory experiments with varying aging parameters, and statistical processing of the obtained data. The prospects for using the results and recommendations of the study are to use them to modernize the technological processes of whiskey production, which will reduce the aging time, reduce production costs and increase the competitiveness of products. The results of the study confirm that the intensification of aging of whiskey distillates is an effective way to reduce the maturation time, and the optimization of process parameters contributes to the formation of quality characteristics corresponding to traditional long-term aging.

Risk Assessment Model for Aircraft Manufacturing in the Context of Digital Transformation

M.S. Migalkina, A.V. Surin
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Key words and phrases: aircraft industry; risk management; fuzzy sets; sensitivity function; linguistic variables; risk matrix; digital risks.

Abstract: The article presents a typical model of aircraft manufacturing risk assessment that integrates the fuzzy set method and the sensitivity function. The aim of the work is to develop a standard model that allows formalizing linguistic expert assessments and simultaneously taking into account the mutual influence of risk parameters, including new classes of digital threats. The research hypothesis suggests that the synthesis of fuzzy logic and sensitivity functions provides an adequate risk assessment in the context of digital transformation, when statistical data are not available, and expert assessments are of a qualitative nature. The following tasks were solved in the framework of the study: formalization of input linguistic variables, construction of a sensitivity matrix, development of a modified fuzzy inference algorithm, adaptation of the model to three classes of digital risks, verification based on literary cases. Methods of fuzzy set theory, the apparatus of sensitivity functions, expert calibration procedures, and the center of gravity method for defuzzification are applied. The article substantiates the insufficiency of classical probabilistic, statistical and simulation approaches in the context of digital transformation of the industry. The structure of the model with four input linguistic variables and a sensitivity matrix of 4×4 dimension is developed. A formalization of membership functions, an aggregation algorithm, and a numerical example are given. The model is adapted to the specifics of digital risks. The test was carried out on the cases described in the literature, the discrepancy between the calculated and actual values was 18–22 %.

Compensation of Spatially Uneven Error Distribution in Directed Iterative Schemes to Solve Laplace and Poisson Equations

N.D. Volodov, D.V. Kondratov
Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia

Key words and phrases: Laplace equation; Poisson equation; boundary value problem; finite

difference approximation; grid function; iterative scheme; directed node recalculation; parameterized scheme; error distribution.

Abstract: The aim of the study is to estimate the influence of the directed node conversion order on the error size and distribution in the finite-difference solution of boundary value problems for two-dimensional Laplace and Poisson equations, as well as to compare the proposed approach with classical iterative methods. The tasks of the work include formalizing the directed order of sequential recalculation of nodes, constructing schemes with alternating recalculation from the boundaries of the computational domain to its center and from the center to the boundaries, as well as evaluating the influence of various variants of directional recalculation on the error value and spatial distribution of local deviations. The hypothesis of the study is that changing the direction and ratio of variants of directional recalculation of nodes can affect the spatial unevenness of the error and reduce the severity of local deviations. Methods of finite-difference approximation, iterative methods for solving grid equations are used in the work, and the results are evaluated within the framework of a computational experiment. As a result, an approach to constructing iterative schemes with a variable direction of node recalculation is proposed, which allows us to take into account the influence of the recalculation order on the accuracy of the solution and the spatial distribution of local deviations.

Single-channel Queuing System with Priorities: Theoretical Analysis and Applied Interpretation

S.V. Malakhov, D.M. Dagaev, A.V. Domanitskiy, I.D. Lysov, D.A. Mikhalchuk
Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara

Key words and phrases: queuing theory; single-channel QS; priority discipline; non-crowding priority; load factor; average waiting time; M/M/1; QoS.

Abstract: The aim of this paper is to consider a single-channel queuing system with non-crowding priority, focused on modern information, telecommunications and service infrastructures. The tasks are to describe the system structure, stability conditions, and key performance indicators (average waiting time, queue length, and load factor). The analysis of the behavior of threads of different priority when changing the intensity and load is performed. The hypothesis of this study is томthat the introduction of priorities redistributes the waiting time between classes: the acceleration of high-priority applications is achieved due to the deterioration of the service characteristics of low-priority ones. Engineering recommendations for the design of priority single-channel SMOS are formulated, and the limits of the model's applicability are outlined. The results are applicable to the design of computing, logistics, medical and service systems.

Development of a Problem-oriented Management Decision Support System Based on the Hybrid WASPAS Algorithm

D.O. Chicherov, S.V. Kovalev
Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov

Key words and phrases: data aggregation; multi-criteria optimization; system analysis.

Abstract: This paper presents the development of a problem-oriented management decision support system based on a hybrid multi-criteria optimization algorithm based on the WASPAS method. The proposed model searches for the optimal solution based on previous data and allows predicting the optimal strategy of management decisions in various spheres of human activity due to its flexibility and adaptability to the external environment due to the accumulated data about the managed system. A complete formalization of the proposed model and an example of its use on real data with further analysis of the results using a set of metrics are given.

The research hypothesis is the idea of increasing the speed of decision-making by implementing an appropriate mathematical model that optimizes the decision-making process. The aim of this work is to create a mathematical model for optimizing the distribution of tasks between production teams based on the hybrid WASPAS algorithm. To achieve this goal, the following tasks were set: evaluation of existing solutions; theoretical justification of the need to optimize the process of distributing tasks between autonomous production units (teams); formalization of the problem and the proposed mathematical model; development of DSS based on the proposed model and its implementation in real production processes.

Methods and algorithms of support in making managerial decisions in technical systems were chosen as the object of research. The subject of the research is the development of a problem-oriented management decision support system to optimize the choice of the best alternative based on existing criteria and based on a hybrid algorithm that combines multi-criteria optimization and time series forecasting. The relevance of this work is confirmed by the need to introduce new methods and tools based on them in the organization of the Municipal Budget Institution "Directorate of Urban Economy" of the city of Tambov to optimize management processes in order to reduce time spent on planning. The novelty of the work lies in the adaptation of WASPAS to dynamic conditions by taking into account the accumulated experience in the past and the ability to predict the optimal management strategy in the foreseeable future.

The presented results of the study were tested on real tasks in the organization of MBU "Directorate of Urban Economy" of Tambov and received a positive assessment.

Efficiency of Bubbling Biomass Mixing in Biogas Reactors: Parameter Analysis, Mathematical Modeling, and Experimental Verification

G.V. Korotkova, A.D. Bokhanov
Branch of National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk

Key words and phrases: anaerobic fermentation; bubbling mixing; biogas plants; bioreactor; biogas yield; mixing intensity; microbiological processes; optimization of technological processes; process efficiency; experimental study.

Abstract: The relevance of the study is determined by the growing need to improve the efficiency of biogas production processes in the context of the expanding use of biogas plants in agriculture and industry. One of the key factors for optimizing the operation of such plants is the process of mixing biomass, where bubbling mixing plays a leading role due to improving the contact of methanogenic microorganisms with food substances and intensifying the fermentation process. The aim of the study was to evaluate the efficiency of bubbling mixing in biogas plants and develop recommendations for increasing the yield of biogas. Research objectives include the analysis of the influence of bubbling mixing parameters (intensity, frequency, temperature) on the biogas output; modeling of processes in a bioreactor with bubbling mixing to determine optimal operating modes; experimental verification of the obtained models and recommendations in laboratory and industrial scale conditions. The hypothesis of the study is that the use of a bubbling mixing system with optimized parameters contributes to a significant increase in the specific yield of biogas and improves the quality of the substrate. Research methods include mathematical modeling, laboratory experiments, process parameter analysis, and regression modeling. The prospects for using the results and recommendations of the study are to apply them to the design and modernization of biogas plants, which will increase their productivity and economic efficiency in the processing of organic waste. The results of the study confirm that bubbling mixing is an effective way to intensify biological processes in biogas plants, and optimization of mixing modes contributes to an increase in methane yield and the stability of the fermentation process.

Ergonomic Temperature Characteristics of Heat-protective Materials

V.M. Fokin[1], A.D. Popova[2], A.V. Kovylin[1]
[1] Volgograd State Technical University;
[2] Lyceum No. 9 named after the Honored School Teacher of the Russian Federation A.N. Neverov, Volgograd

Key words and phrases: ergonomics; ergonomic temperature sensations; heat-protective material; human protection.

Abstract: The objective is to review the ergonomics of the environment and the ergonomic parameters of heat-protective materials. The research tasks are prospects for studying the ergonomic temperature sensations of a person and the characteristics of heat-protective materials. The hypothesis focuses on providing comfortable conditions for a person's stay in the surrounding environment. Research method is a review of the material on the topic of ergonomic indicators of heat-protective materials. The study resulted in the development of the most technically relevant solutions for protecting people from excessive temperatures.

Methods of Applying Artificial Intelligence in Hydraulic Engineering

F.E. Posadskov, S.N. Rednikov
Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy
Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

Key words and phrases: artificial intelligence; machine learning; hydraulic structures; monitoring; computer vision.

Abstract: The purpose of the article is to analyze the use of artificial intelligence in hydraulic engineering. Artificial intelligence is gaining more and more active development every day, opening up new opportunities for optimizing the design, construction and monitoring of hydraulic structures. New methods such as computer vision, the Internet of Things, virtual doubles, and generative-competitive models allow you to build and monitor the condition of buildings with extremely high accuracy and quality. In this article, the latest methods of applying artificial intelligence technologies for the design, construction and monitoring of hydraulic structures were studied. The analysis of foreign materials and the experience of applying AI technologies in practice is carried out.

Concept and Methodology of Reconstruction of Objects After Explosive Impact

A.A. Rudenko
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg

Key words and phrases: restoration repair; explosive impact; duration of work; regression equation.

Abstract: The article considers the factors influencing the duration of reconstruction of buildings damaged by an explosion with the development of a regression equation that allows us to assess the degree of influence of factors on the specified one. The methodology and concept of restoration repairs are developed, the composition of forces and means depending on the type of repair is proposed. The most significant factors are defined as the volume of SMR, the degree of destruction of the object, the level of technical complexity, the complexity of SMR, and the level of possible technogenic pollution.

Methodological Approaches to Remote Sustainability Screening of Natural Tourism Clusters in Altai, Kamchatka and Krasnaya Polyana Based on Satellite Indices

A.S. Abramova, D.O. Dryga
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Key words and phrases: BSI; NDVI; NDBI; Random Forest; Sentinel-2; remote sensing; natural tourism cluster; sustainability.

Abstract: The aim of the study is to develop methodological approaches to preliminary remote screening of the sustainability of nature tourism clusters in Altai, Kamchatka and Krasnaya Polyana based on satellite indices. The hypothesis of the study is that the combined use of NDVI, NDBI and BSI makes it possible to identify signs of changes in vegetation cover, built-up areas and open surfaces, but these indicators require expert interpretation and are not independent evidence of environmental sustainability or degradation of the territory. The paper solves the problems of substantiating the methodological role of satellite indices, constructing a remote screening algorithm, refining the Random Forest auxiliary function, and comparing the stability profiles of three clusters. Methods of analysis of scientific literature, calculation of Sentinel-2 spectral indices, normalization of indicators, construction of an integral index, expert classification and comparative interpretation are used. The result of the study is a methodological scheme that includes the selection of observation polygons, the selection of cloudless images, the calculation of NDVI, NDBI and BSI, the formation of an integral assessment and the definition of risk zones. It is shown that for Altai, the key is the state of vegetation along routes and recreational zones, for Kamchatka – the differentiation of naturally exposed volcanic surfaces and anthropogenic disturbances, for Krasnaya Polyana – the analysis of development, slope disturbances and infrastructure development.

Symbolic and Formal Aesthetics of Architecture: Time and Place as Perception Parameters

T.I. Zadvoryanskaya, Yu.G. Korneva, M.D. Kucher
Voronezh State Technical University, Voronezh

Key words and phrases: parameters of perception of architecture; globalization; symbolic and formal aesthetics; historical architecture.

Abstract: The article analyzes the perception of architecture in the context of formal and symbolic aesthetics, taking into account the categories of time and place. Special attention is paid to the problem of preserving local architectural identity in the context of global unification of the environment. The aim of the study is to determine the criteria of legitimacy of architectural solutions and identify mechanisms for integrating modern objects into the historical and cultural context. It is established that the perception of architecture is formed at the intersection of universal formal characteristics and changing symbolic meanings associated with a particular place. It is shown that digital and virtual environments expand the possibilities of analyzing and modeling architectural solutions, contributing to the preservation and reinterpretation of local identity. It is concluded that the legitimacy of architecture is a dynamic process that depends on the conformity of the object to the spirit of the place and the cultural expectations of society.

Textile Shaping Methods in Architecture Based on Fibrous Structures: The Experience of the University of Stuttgart

E.V. Safonova
Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Key words and phrases: composite materials; fiber structures in architecture; robotic winding; textile

methods; biomimetics; University of Stuttgart.

Abstract: The article analyzes the experience of the University of Stuttgart in adapting textile principles of composite fiber organization to the creation of architectural structures by the method of robotic winding. It is shown how the methods traditionally used in the textile industry (fiber orientation, stacking density, winding patterns, tension control) are transformed to solve the problems of modern architecture. Special attention is paid to the projects of the **ICD** (Institute for Computational Design) and **ITKE** (Institute for Building Structures and Structural Design) institutes, where robotic winding is used to create light, strong and aesthetically expressive structures of complex geometry.

Features of Formation of Organizational Structures in the Implementation of Housing Construction Projects

A.A. Lapidus, T.T. Alborov
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: organizational structure; housing construction; interaction schemes; developer; technical customer; duplication of functions.

Abstract: The purpose of this article is to identify the features of the formation of organizational structures of participants in the construction of residential facilities and justify the need to develop a tool for their optimization. To achieve this goal, the following tasks were set and solved: an analysis of existing approaches to the formation of organizational structures was carried out, typical interaction schemes were classified (A, B, C, D, E), and key functions of the developer, technical customer, general designer and general contractor were identified. The working hypothesis of the study is that the existing duplication of functions in standard schemes of interaction of participants in housing construction projects is a systemic problem that requires formalization and development of a new instrumental approach. The study was carried out using methods of system analysis, generalization of practical experience in implementing more than 20 residential projects in Moscow and the Moscow region (2019–2024), as well as expert surveys of managers of technical customers and development companies. As a result of the analysis, it is proved that in the standard schemes of interaction of participants (developer, technical customer, general designer, general contractor), there is a duplication of functions, which leads to an increase in the time and cost of projects. The necessity of developing a new tool that allows, based on the analysis of environmental factors, to form an optimal interaction model with a clear assignment of a specific list of functions to each participant is justified.

Choosing a Rational Scheme of Interaction Between Construction Participants

V.N. Mirikov
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: construction object; construction participants; interaction scheme.

Abstract: The choice of a rational scheme of interaction between construction participants largely determines the effectiveness of their joint work, the distribution of functionality and project management. This article analyzes the key factors influencing the choice of interaction scheme, considers methods that help make a decision on the choice of a particular scheme. The aim of the study is to consider the main factors influencing the choice of a rational scheme of interaction between construction participants, for which comparative and analytical methods are used. The main tasks are systematization of influencing factors, analysis of available tools and determination of their sufficiency. The hypothesis of managing the life cycle of a construction object through the choice of a rational scheme of interaction between participants is considered. Understanding the factors that influence the choice of interaction scheme leads to an understanding of the need for a tool that allows optimizing the management process through the choice of a rational interaction scheme.

Building Information Modeling (BIM) as a Tool for Improving the Effectiveness of the Author's and Construction Control of the Customer over the Compliance of Works with Project Documentation

T.E. Khaev, N.P. Egorova
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: author's supervision; BIM; information modeling; project documentation; construction control; technical customer; digitalization of construction.

Abstract: The purpose of the study is to substantiate the effectiveness of using information modeling (**BIM**) technologies to improve the quality of author's and construction control of the customer when checking the compliance of completed works with project documentation. The tasks include identification of system problems of the traditional control system based on paper document flow; identification of the possibility of BIM for automation of control procedures; proposal of the direction of digital transformation of the technical customer's activity. The hypothesis is that the introduction of BIM technologies allows overcoming the disadvantages of traditional control (data fragmentation, delayed solutions, high labor intensity) by creating a single information space, automating conflict analysis and visualization of deviations. The paper uses methods of analyzing the regulatory framework and existing construction control practices; systematization of problems of the traditional approach; studying the capabilities of BIM tools (Autodesk Navisworks, Forma, Thinkproject VDC Manager, CDE, 4D/5D modeling, integration with IoT).

The results achieved are as follows: the key advantages of BIM in control activities were identified – automation of document flow, reducing the complexity of reporting by 50–70 %, early detection of collisions, the possibility of remote monitoring and a documented history of comments. Organizational measures for implementing BIM control (BIM requirements in contracts, data exchange regulations, advanced training) are proposed. The conclusion is made about a fundamental improvement in the quality of construction and reducing the risks of non-compliance of works with project documentation during the transition to BIM.

Formation of Readiness to Defend the Motherland among High School Students in Extracurricular Activities

Zh.U. Abdukayimov, E.P. Kudrin, G.N. Shergin
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Key words and phrases: readiness to defend the Motherland; patriotic education; extracurricular activities; high school students; pedagogical model; military-patriotic education; civil identity.

Abstract: School as a key institution of socialization plays a leading role in this process, while extracurricular activities have significant pedagogical potential, practical orientation and the ability to take into account the individual interests of students. The purpose of the study is to theoretically substantiate and experimentally test the model of formation of readiness to defend the Motherland in students of grades 10–11 in the process of extracurricular activities.

Research objectives are to clarify the essence and structure of the concept of "readiness to defend the Motherland" in relation to the personality of a high school student; to develop a structural and functional model for the formation of the studied quality in extracurricular activities; to identify and experimentally test a set of pedagogical conditions that ensure the effectiveness of the implementation of this model; to develop scientific and methodological recommendations for teachers of general education organizations.

The study used a complex of theoretical (analysis of philosophical, psychological, pedagogical and methodological literature, modeling) and empirical (pedagogical experiment, testing, questionnaires, methods of mathematical statistics) methods.

As a result of the study, a structural and functional model for the formation of readiness to defend

the Motherland has been developed and implemented, including target, content-activity, organizational-methodological, and evaluation-effective components. A set of pedagogical conditions that ensure the effectiveness of this process is identified and tested: integration of regular and extracurricular activities, use of social partnership resources (interaction with military enlistment offices, veterans ' organizations, regional branches of DOSAAF of Russia), as well as a personal-activity approach involving project and search work of students.

Features of Self-attitude of Teenagers Occupying Different Positions in Bullying

T.G. Bobchenko
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir

Key words and phrases: bullying; adolescence; self-attitude.

Abstract: The article is devoted to the study of the self-attitude of adolescents involved in bullying and performing various roles in it. The purpose of the study is to determine the features of self-attitude of adolescents involved in bullying. Hypothesis: there are differences in the self-attitudes of adolescents who perform the roles of "aggressor", "victim", "victim defender", "observer" in bullying. Methods included empirical (testing), results processing (quantitative and qualitative analysis, mathematical statistics). Results of the study are as follows: differences are established and characteristics of the self-attitude of bullying participants are highlighted: "aggressors", "victims", "defenders of victims", "observers".

Age Dynamics of the Structure of Value Orientations in Younger and Older Adolescents

M.E. Varlamova
Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary

Key words and phrases: value orientations; dynamics; adolescents.

Abstract: The study aims to determine the age dynamics of the structure of value orientations of younger and older adolescents. The research objectives were: first, to determine the features of value orientations in children of younger and older adolescence; second, to determine the dynamics of value orientations during adolescence. Hypothesis: we believe that the structure of value orientations undergoes qualitative changes in adolescence: from a system focused on safety and comfort (younger adolescents) to a system with a focus on self-realization and personal achievements (older adolescents). The research methods were analysis and generalization of scientific material on the research problem; ascertaining experiment; quantitative and qualitative analysis of the results; experimental methods: "Value questionnaire" by Sh. Schwartz, "M. Rokich's values questionnaire"; "Test of life-meaning orientations" by D.A. Leontiev. The conducted research determined qualitative changes in the structure of the value-semantic sphere of adolescents depending on their age.

Emotional Culture as a Socially Significant Aspect of an Individual's Life

A.A. Veselov, M.D. Ovchinnikova
National Research University "MPEI", Moscow

Key words and phrases: emotional culture; emotional intelligence; society; individual integration; communication.

Abstract: The aim of the study is to identify the role of emotional culture in the process of social integration and professional development of a modern individual. The objectives are to analyze the main theoretical approaches to the definition of emotional culture; to identify the structural elements

of this phenomenon; to determine the factors affecting the variability of emotional culture in different individuals. The research hypothesis assumes that emotional culture is a dynamic system, the formation of which is determined by the synthesis of family upbringing, personal life experience and current socio-cultural transformations. The paper uses the methods of theoretical analysis of scientific literature, synthesis of interdisciplinary approaches (psychological, sociological, historical and cultural), as well as the method of content analysis of definitions. Results are as follows: based on the analysis of P.M. Yakobson's works and those of modern researchers, the concept of emotional culture as a system element of personal development is clarified. It is proved that differences in emotional culture are caused by the uniqueness of the microsocial environment and early childhood experience. The authors' definition of the term combining cognitive and regulatory aspects is formulated.

Modern Technologies of the Pedagogical Process:
Potential, Challenges and Development Prospects

M.E. Germogenov, O.E. Vinokurova
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Key words and phrases: modern technologies; pedagogical process; digitalization of education; distance learning; interactive methods; individualization of learning; teacher training.

Abstract: The article presents the results of a theoretical analysis of the role of modern technologies in the transformation of the pedagogical process. The aim of the study is to systematize modern approaches to the use of technologies, identify their advantages and problem areas. The objectives are to clarify the classification of modern educational technologies; to identify key advantages and challenges of their implementation; to analyze the experience of digitalization on the example of NEFU; to identify promising areas of development. The hypothesis assumes that system integration of technologies promotes individualization and engagement, but its effectiveness is limited by human resources, infrastructure, and methodological barriers. Methods include theoretical analysis of literature, classification, generalization of experience. Results are as follows: the classification (information, communication, distance, interactive and immersive technologies) is clarified; advantages and challenges are systematized; successful practices and remaining problems are shown on the example of NEFU; prospects are identified (AI, ecosystem approach, continuing teacher education). The article is addressed to teachers, researchers and students.

Digital Generation:
Differences in Attitudes to Technology Between Students and their Parents

M.E. Germogenov, O.E. Vinokurova
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Key words and phrases: digital generation; digital divide; Generation Z; youth sociology; Internet addiction; digital socialization; students; intra-family communication; digital immigrants.

Abstract: The article presents a program of sociological research of the intergenerational digital divide. The aim of the study is to identify and describe key differences in attitudes to digital technologies, the level of Internet addiction, and the perception of digital risks between students ("digital natives") and their parents ("digital immigrants"), as well as to assess their impact on intra-family communication. The objectives are to determine the structure of the use of digital devices and services; to identify the level of Internet addiction among representatives of different generations; to compare attitudes to digital security and trust in information sources; to find out the presence and causes of family conflicts related to technology. The hypotheses assumes that students use the Internet mainly for entertainment, parents-for instrumental purposes; the level of Internet addiction among students is significantly higher; students are more trusting to information from social networks, parents prefer

official sources. Methods include a quantitative strategy, questionnaire survey (online survey), targeted selection with “snowball” elements (N = 300: 100 students + 200 parents). Results achieved are as follows: the design of a paired study (student – parent) was developed and justified; the questionnaire toolkit consisting of four blocks was created; the working definitions of key concepts were clarified; the expected results were formulated that allow us to verify hypotheses about the digital divide and identify areas of family tension. The article is addressed to sociologists, psychologists, and educators interested in digital socialization and intergenerational interactions.

Artificial Intelligence in the Professional Development of a Physics Teacher in a Digital Educational Environment

K.P. Glukhova, L.V. Dubitskaya, N.M. Pavlutskaya
Secondary School No. 17, Kolomna;
State Social and Humanitarian University, Kolomna;
Kosygin Russian State University, Moscow

Key words and phrases: professional development; physics teacher; artificial intelligence; digital educational environment; digital competence; pedagogical design; adaptive learning; methodological support; continuing education; information and communication technologies.

Abstract: The article is devoted to the current problem of integrating artificial intelligence (**AI**) technologies into the system of continuous professional development of a physics teacher in a digital educational environment. The paper substantiates the need to review traditional approaches to professional development of teachers in connection with the digital transformation of education. The main contradictions between existing methodological systems and new opportunities opened up by AI are revealed. The purpose of the article is to provide a theoretical justification and methodological description of the model of using artificial intelligence tools to improve the professional competencies of a physics teacher. The analysis identifies key areas of AI application: automation of routine pedagogical tasks, personalization of the professional development trajectory, creation of adaptive didactic materials, and analysis of teaching activities based on big data. The main conclusion is that effective professional development of a physics teacher in a digital environment is possible only if he develops not only instrumental ICT competence, but also critical pedagogical thinking in relation to the results of intelligent systems.

Destructive Impact of Harmful Addictions on Students’ Life and Health

V.A. Kuznetsov, L.V. Zasukhina, O.V. Sesorova
Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod

Key words and phrases: students; addictions; addiction; psychoactive substances; non-chemical addictions; academic performance; mental health.

Abstract: The purpose of this article is to consider the possible negative impact of harmful habits on the physical and mental health, academic performance and social sphere of students’ life. This article presents the factors contributing to the formation of addictions, the concept of addiction and their classification. The main research method is the analysis of scientific and methodological literature. The results of a survey among university students showed that harmful addictions are a powerful destructive factor that damages physical and mental health, destroys social ties and drains financial resources. The data highlights the need for targeted work with young people to develop sustainable healthy habits.

Excursion and Museum Activities as a Form of Management of Cognitive Activity of Schoolchildren in the Context of Patriotic Education

M.A. Nikitina, L.S. Podymova
Russian New University, Moscow

Key words and phrases: patriotic education; excursion and museum activities; cognitive activity; museum pedagogy; educational tourism; school museum; local history.

Abstract: The article deals with the problem of civic and patriotic education of young people in the context of modern socio-cultural transformations. The aim of the study is to study the specifics of excursion and museum activities as a form of management of cognitive activity of schoolchildren in the context of patriotic education. Achieving this goal requires solving the following problems: analyzing the theoretical and methodological foundations of museum pedagogy and educational tourism; considering specific examples of the implementation of excursion and local history programs; to identify their impact on the civic consciousness and psychophysical state of students. The research hypothesis is based on the assumption that the integration of educational tourism and interactive museum practices acts as a powerful catalyst for cognitive interest, providing a deeper and more conscious assimilation of patriotic values compared to traditional classroom formats. The research methods used were theoretical analysis of scientific and pedagogical literature, generalization of best practices in general education institutions, synthesis of empirical data and analysis of the results of pedagogical observation. The results obtained showed that involving schoolchildren in practice-oriented formats (quests, field expeditions, military-historical routes, tracking) not only significantly increases the level of their social activity and readiness to perform civil duty but also has a beneficial effect on their psychophysical health. As a result, the high pedagogical effectiveness of school museums and local history tourism as basic tools that transform academic knowledge into deeply personal values is confirmed.

"One Day in the Army" as an Effective Form of Pre-conscription Youth Training for Military Service

A.A. Platonov, I.I. Baishev, G.N. Shergin
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

Key words and phrases: pre-conscription training; military-patriotic education; initial military training; physical training; psychological adaptation; military service youth.

Abstract: The purpose of this article is to substantiate the effectiveness of the "One Day in the Army" format as a pre-conscription training tool, as well as to develop methodological recommendations for its implementation in educational institutions. The tasks are to identify key problems of the traditional system of pre-conscription training based on the analysis of scientific literature and practical observations; to determine the psychological and pedagogical mechanisms of the effectiveness of the practical training format; to develop practical recommendations for teachers and managers of patriotic clubs and conduct such events; to substantiate the role of interviews with combat veterans in forming an objective image of military service.

The research hypothesis assumes that participation in the "One day in the Army" format leads to a significant increase in the level of socio-psychological preparation for military service compared to pre-conscripts who did not undergo such training, due to a decrease in the level of situational anxiety, physical and technical readiness, as well as conversations with veterans.

Research methods included theoretical analysis of scientific and methodological literature on pre-conscription training and military-patriotic education; a comparative analysis of traditional and innovative formats of training conscripts; generalization of practical experience in implementing the project "One Day in the Army" at institutions of Yakutia and other regions of Russia; expert assessment method-analysis of survey results, feedback from participants and event organizers.

As a result of the study, it was found that 88.2 % of participants gave the project a positive

assessment; 70.6 % noted a change in attitude towards the army for the better; 79.4 % recorded an increase in self-assessment of readiness for service. The most significant skills acquired were the assembly / disassembly of the machine gun, the development of physical endurance and drill training. The work of the instructors was highly appreciated: 73.5 % noted a respectful attitude. A conversation with veterans/officers was found useful by 91.7 % of the participants who conducted it.

Development of Physical Qualities in Volleyball Players

N.N. Ruzaikina, M.A. Ermolaeva, E.A. Shunyaeva
National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev;
Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk

Key words and phrases: motor qualities; training methods; physical culture; physical training; professional sports; sports training; volleyball.

Abstract: This study examines the development of physical qualities in volleyball players, which are the most important success factors in the modern sports process. Effective development of physical qualities ensures a high level of special training of athletes, improves the technique of ball possession, increases the reliability of playing techniques and reduces the likelihood of injuries. Also, the article discusses modern approaches to the physical improvement of volleyball players, provides recommendations for the formation of an optimal training regime and monitoring the dynamics of the development of key physical qualities.

The aim of this study is to characterize the level and distribution of basic physical qualities of volleyball players and identify their relationship with game results (movement efficiency, jumping power, reaction speed) in the selected age and prepared group. The tasks of the study: to analyze existing methods and programs for the development of physical qualities in volleyball players; to identify key physical qualities necessary for effective volleyball play; to develop and test methods and training programs for improving the physical qualities of athletes; to assess the level of development of physical qualities in volleyball players of various levels of training. The research hypothesis assumes that the complex application of effective means and methods of training volleyball players, aimed at developing physical abilities, strength qualities, can bring positive results, and will also contribute to the physical and spiritual development of players. Research methods included theoretical analysis of literature, pedagogical observation, sociological survey.

Formation of Research Skills of High School Students in the Process of Learning to Solve Non-standard Mathematical Problems

A.S. Salnikova, L.S. Kapkaeva, K.S. Lapin
Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk

Key words and phrases: research skills; non-standard mathematical problem; typology of non-standard problems; heuristic mathematical problems; research problems; Olympiad problems.

Abstract: The aim of the study is to provide a theoretical justification and experimental verification of the methodology for developing research skills of high school students when learning to solve non-standard mathematical problems within the framework of a modern lesson. The article highlights special research skills that can be used to find solutions to non-standard mathematical problems. Types of tasks corresponding to three levels of non-standardness are developed: heuristic, research, and Olympiad. Each type of task is aimed at developing a certain type of research skills and can be integrated into a modern math lesson. The article provides examples of tasks of each type and gives recommendations to the teacher on how to create a system of such tasks for use in the educational process. The results of a pedagogical experiment are also presented, which confirmed the effective influence of the developed methodology on the formation of selected research skills. The following methods were used for the

research: theoretical analysis of scientific and methodological literature, theoretical analysis of scientific and methodological literature, systematization and generalization of scientific and methodological research, pedagogical design, quantitative and qualitative analysis of the results of a pedagogical experiment.

Development of a System of Indicators to Assess the Quality of Personnel Development in Educational Institutions in the Context of Digital Transformation

A.A. Kulanova, A.V. Surina
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Key words and phrases: personnel development; digital transformation; educational organization; quality index; competence gap; digital engagement index; VUCA environment; hierarchy analysis method.

Abstract: The aim of the study is to develop a comprehensive, reproducible and theoretically grounded system of indicators for assessing the quality of university staff development in the digital transformation and VUCA environment. Tasks: conceptualization of the subject of evaluation; structural decomposition of the personnel development management system; formation and operationalization of a pool of indicators; establishment of weighting coefficients by analyzing hierarchies; development of tools for deep diagnostics; normalization and construction of evaluation scales; creation of organizational regulations. The hypothesis is based on the assumption that an integral index aggregating indicators in four blocks (strategic, process, competence, and performance), combined with additional diagnostic tools (maturity matrix, map of competence gaps, digital engagement index, adaptive capacity profile), allows not only to state the current state, but also to identify the nature of management gaps and their consequences, predict the stability of the system. Methods included structural and functional decomposition, T. Saati's hierarchy analysis method, linear scaling, expert positioning, log analysis, documentary analysis, survey methods. Results are as follows: a seven-step algorithm for constructing an assessment methodology is proposed; an integrated ICURP index is constructed, including 40 basic indicators with weights obtained from 22 experts; an ensemble of interrelated diagnostic tools is developed; a system of control points is introduced that prevents "false well-being". The scientific novelty lies in the systematic integration of quantitative and qualitative tools, as well as in the introduction of constructs of digital engagement and adaptive capacity in relation to university personnel management.

Motivation of Students of the Institute of Physical Culture and Sports to Master Additional Professional Programs

V.Yu. Safonova, P.P. Tissen
Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russia

Key words and phrases: students' motivation; additional professional education; life safety; primary military training; educational needs.

Abstract: The article presents the results of a theoretical and empirical study of motivation of students of the Institute of Physical Culture and Sports to participate in programs of additional professional education in life safety and initial military training. The relevance of the work is due to the expansion of professional functions of the teacher, who today is increasingly involved in the implementation of extracurricular activities on security, conducting military-patriotic events and training in first aid skills. The literature review analyzes modern approaches to studying students' educational needs, motivation factors in the system of additional education, as well as methods for diagnosing the motivational sphere. The empirical part of the study was performed on a sample of 40 students at the Institute of Physical Culture and Sports using the methodology: "Diagnostics of students' learning

motivation" by N.Ts. Badmaeva. It has been revealed that the dominant motives of teaching are professional motives and motives of self-realization.

Full-cycle Student Design Bureau as an Effective Model for Integrating Education, Practice and Project Activities

S.G. Semenov, D.S. Arepyeva, S.S. Fedorov, S.D. Kazakov
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Key words and phrases: student design bureau; engineering and technical education; design activity; practice-oriented training; information modeling technologies; structural and functional model; professional competencies; project life cycle; integration of education and workflow.

Abstract: The aim of the study is to develop and substantiate the model of a full-cycle student design bureau (**SDB**). The tasks are to prove the need for a synthesis of working practice and the educational process, to describe the work of SDB, to structure the process of role allocation and interaction of various departments. The research hypothesis assumes that the implementation of the developed educational model contributes to the development of applied skills among students, which increases their competitiveness in the professional environment. Methods included structural analysis, organizational modeling. As a result of the study a structural and functional scheme of the SKB operation has been developed.

Teacher Education as a Space for Forming Students' Civic and Patriotic Position

V.V. Solnyshkina[1], A.I. Dunaenko[2], I.F. Igropulo[2]
[1] Kaliningrad Secondary general education School No. 25 with advanced study of individual subjects named after I.V. Grachev, Kaliningrad;
[2] North Caucasus Federal University, Stavropol

Key words and phrases: teacher education; university education; civil and patriotic position of students.

Abstract: In the context of current socio-economic and geopolitical challenges of modern society, the formation of a civil-patriotic position of students is one of the priority tasks of the teacher education system of the Russian Federation. The study aims to analyze the role of pedagogical education in the formation of students' civic and patriotic position. The objectives of the research are to study normative sources and scientific literature on the problem; to identify the structure of the civil-patriotic position of students; to identify the directions of educational activities of the university for the formation of the civil-patriotic position of future teachers. The research hypothesis is based on the assumption that students' civic and patriotic position is an integrative personal education that is formed in higher education institutions and involves the creation of the necessary pedagogical conditions. Research methods include analysis, synthesis and generalization of the obtained results. Scientific novelty and theoretical significance consist in the characterization of the value orientation of the civil-patriotic position, in identifying the main directions of educational activities of universities for the formation of the civil-patriotic position of students.

Modeling and Modeling of an Individual Educational Route in Postgraduate Education of Oncological Surgeons

S.V. Shcherbatykh, D.Yu. Yuryev
Bunin Yelets State University, Yelets

Key words and phrases: individual educational route; model; modeling; postgraduate education.

Abstract: The purpose of this article is to consider the modeling method as a way to reflect the authors' views on solving the problem of the effectiveness of postgraduate education of oncological surgeons in the context of healthcare reform. The relevance of applying the modeling method in pedagogical research is substantiated. Based on the analysis of approaches of domestic and foreign scientists (N.M. Borytko, V.A. Slastenina, I.F. Isaeva, N.V. Sofronova, etc.), the essential characteristics, types, advantages and disadvantages of modeling as a general scientific method are revealed. The article is theoretical in nature. As a result, the author's structural model of the individual educational route of oncological surgeons was presented, including target, methodological, content, technological, diagnostic and effective blocks. The model is aimed at personalizing postgraduate training and improving the level of professional competencies of specialists.

Innovative Approaches to the Prevention of Delinquent Behavior of Adolescents in Modern Society

I.V. Doga, L.K. Fortova
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, Russia

Key words and phrases: delinquent behavior of adolescents; innovations; general education organizations; preventive measures; family values; modern society.

Abstract: The article discusses the existing innovative approaches to the prevention of delinquent behavior of minors. The article examines the key positions of Russian scientists in the field of pedagogy, sociology and psychology in the complex of pedagogical, psychological and social tools of preventive measures to level delinquent behavior of adolescents, both in general education organizations and in society as a whole. The purpose of the article is to present innovative approaches to solving problems that arise among minors in the family, general education organizations, and in society. The objectives are to analyze existing theoretical research in this area; to identify practice-oriented approaches that level the rudiments of delinquent behavior in adolescents. The hypothesis assumes that comprehensive implementation of innovative tools in general education organizations will increase the role of preventive measures to prevent delinquent behavior of adolescents in society. The study resulted in the analysis of theoretical and empirical research, functional innovative approaches to preventive measures of delinquency as a social phenomenon.

Synchronization of Theoretical and Practical Training: Designing Integrated Modules in the New Higher Education System

A.A. Kruchenko, D.A. Melnikov
Moscow Social and Pedagogical Institute, Moscow

Key words and phrases: new higher education system; integrated modules; practice-oriented training; individual learning paths.

Abstract: The article presents a theoretical and methodological justification for the design of integrated educational modules in the context of the transition of the Russian Federation to a new national system of higher education. The authors analyze the mechanisms of synchronization of theoretical and practical training through the introduction of models "2 + 2", "2 + 2 + 2" and their variations, as well as the possibility of individualization of training. Special attention is paid to the regulatory support of multidisciplinary qualifications in accordance with Federal Law No. 144 and the role of artificial intelligence in automating software design based on analytics. It is proved that the integration of fundamental knowledge and applied competencies in priority high-tech industries is a key factor in ensuring the country's technological sovereignty.

Mechanisms of Formation of National Identity in Physical Education Lessons in the System of Compulsory Education in China

Li Xiaokun, G.V. Marchenko
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Key words and phrases: physical education lessons; national identity; compulsory education; patriotic education.

Abstract: The article is devoted to the formation of the national identity of Chinese schoolchildren in the process of physical education and national sports. It is proved that in the conditions of modern basic education in China, physical culture is not limited to the sole task of "strengthening health and physical development" but also contributes to the formation of key competencies of students, close connection with the tasks of moral education and serving the national development strategy of the country. The aim of the study is to identify the mechanisms of national identity formation in physical education classes in the compulsory education system of China. The research hypothesis consists in the assumption that physical education lessons are an effective educational environment for the implementation of mechanisms for the formation of national identity of students. The study was conducted using theoretical methods: complex analysis, generalization and systematization, and empirical methods: observation, scientometric method. The empirical body of the research consists of normative-legal and political documents of the People's Republic of China, monographs of Chinese and foreign specialists of philosophical, sociological, psychological and pedagogical nature and their scientific articles.

Modern Approaches and Methods of Teaching the Russian Language in Conditions of Multilingualism and Intercultural Communication

P.V. Markina, A.Kh. Khidzhurova
Altai State Pedagogical University, Barnaul

Key words and phrases: multicultural educational environment; teaching Russian as a foreign language; primary school of the Republic of Kazakhstan; communicative-activity approach; ethnolinguodidactics; linguoculturological approach; intercultural communication.

Abstract: The purpose of the article is to analyze modern approaches to teaching the Russian language in the multicultural and multilingual educational environment of the Republic of Kazakhstan. The objectives are to consider methodological approaches (communicative, multicultural, activity-based, and cognitive-communicative) that ensure the formation of communicative competence in primary school students in a non-native language environment. The hypothesis of the study is that the study considers these approaches as complementary components of the modern linguodidactic system. Research methods are methods of analysis, generalization, and description. The results of the study show that the most effective is the integrated application of these approaches, which ensures the development of speech activity, critical thinking and cross-cultural competence of younger schoolchildren. It is concluded that a multicultural educational environment with methodically competent organization is a significant factor in improving the quality of language education.

Оценка адаптационного состояния студентов по параметрам электроэнцефалограммы

Е.В. Шаломова, А.М. Зубкова, Д.А. Титова
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Ключевые слова и фразы: оценка адаптационного состояния; параметры ЭЭГ; альфа-ритм.

Аннотация: Цель статьи – оценка адаптационного состояния студентов, обучающихся во

ВлГУ, по параметрам электроэнцефалограммы (**ЭЭГ**). Задачи исследования: оценить характеристики альфа-ритма (реакции синхронизации и десинхронизации, индекс альфа-ритма); выделить адаптационные группы студентов по параметрам электроэнцефалограммы; оценить усвоение ритма при проведении фотостимуляции. Гипотеза исследования: мы предполагаем, что проведенная нами запись электроэнцефалограммы позволит оценить альфа-ритм в состоянии покоя, усвоение ритма при фотостимуляции, а также адаптационное состояние студентов в возрасте от 18 до 23 лет. Методы исследования: анализ, синтез, сравнение. Достигнутые результаты: исследование показало, что у большинства студентов с закрытыми глазами альфа-ритм был высокий и средний (97 % – девушки, 53 % – юноши); в высокоадаптивной группе преобладают девушки (47 %), в среднеадаптивной и низкоадаптивной – юноши (53 % и 30 % соответственно); при проведении фотостимуляции полное усвоение навязанного ритма характерно для 90 % студентов (как девушек, так и юношей).

The use of Simulation Models in the Formation of Subjective Cognition Experience of Medical Students Using the Example of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "PIMU" of the Ministry of Health of the Russian Federation

K.Yu. Garay[1, 2], E.N. Seliverstova[2]
[1] Branch of the Volga Research Medical University;
[2] Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir

Key words and phrases: simulation models; subject experience; medical education; professional cognition; medical students; debriefing; reflection; PIM.

Abstract: The article considers the use of simulation models as a pedagogical tool for forming the subjective experience of medical students in the process of professional cognition on the example of Volga Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. The relevance of the study is determined by the increasing requirements for practical training of medical university graduates, the limited access of students to independent manipulations on real patients, and the need to search for educational formats that ensure not only the development of the skill, but also the formation of the student as a subject of their own professional training. It is shown that simulation models allow transferring educational activities from the mode of preferential reproduction of algorithms to the mode of independent action, selection, analysis and reflection. Based on the analysis of the simulation infrastructure of Volga Research Medical University, a multi-profile accreditation and simulation center, a simulation dental center, and digital/virtual models that support practice-oriented training are characterized. It is proved that the subject experience in medical education is formed with a combination of a realistic scenario, independent action of the student, feedback, emotional involvement and structured reflection.

Development of Creative Experience as a Pedagogical Condition for the Formation of an Innovative Culture of Future Specialists in the Field of Economics and Management

K.S. Guzenko
Lugansk State University named after V. Dahl, Lugansk

Key words and phrases: innovative culture; experience of creative activity; case-method.

Abstract: The purpose of this article is to characterize the development of creative experience as a pedagogical condition for the formation of an innovative culture of future specialists in the field of economics and management and to reveal the ways of its implementation. Research objectives are to update the need to develop the experience of creative activity, to characterize the ways of implementing this task. The research hypothesis assumes that the problem of formation of innovative culture of students in the educational environment of the university requires the search for optimal pedagogical

conditions for its solution, including the development of the experience of creative activity of future specialists. The goal and objectives of the study were achieved using the following methods: analysis of scientific literature, systematization, classification, generalization of scientific categories on the research problem. The article reveals the pedagogical potential of the case method as a means of forming the experience of creative activity of future specialists in the field of economics and management.

Regulatory and Legal Bases of Professional Training of Future Music Teachers for Patriotic Education of Schoolchildren Using Folk Music

Li Minghui, G.V. Marchenko
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Key words and phrases: music teacher; patriotic education; legislative documents; normative legal acts.

Abstract: The article is devoted to the problem of legislative and regulatory support of professional training of future music teachers for the implementation of patriotic education of students by means of Chinese folk music. The aim of the study is to determine the role of normative legal documents in organizing professional and pedagogical training of future music teachers to solve the problems of patriotic education of the younger generation by means of traditional folk music of the peoples of China. The research hypothesis is based on the assumption that regulatory documents of different levels determine the strategic and tactical goals of pedagogical education of future music teachers in the field of patriotic education of schoolchildren using traditional Chinese folk music. Research methods: theoretical analysis of state and party legislative documents, content analysis, bibliographic method. The empirical base of the study includes: legislative state and party documents, scientific monographs of Chinese and foreign teachers, psychologists, philosophers, art historians, cultural scientists, their scientific articles and other publications.

Structural and Semantic Features of English Phraseological Units of the Semantic Field "Food" and Ways of Their Translation into Russian

S.A. Reztsova, A.A. Poltorykhina
State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna

Keywords and phrases: phraseology; semantic field "Food"; English; Russian; translation of phraseological units; interlanguage correspondences; linguoculturology; phraseological equivalents; non-equivalent vocabulary.

Abstract: The article considers English phraseological units (**FUs**) included in the semantic field "Food" as one of the most vivid ways of representing the national mentality and cultural and historical experience. The aim of the work is to identify the structural and semantic features of English phraseological units of the field "Food" and determine the most effective ways of translating them into Russian. The material for the study was phraseological units selected by the continuous sampling method from English-Russian phraseological dictionaries. During the analysis, the nuclear components (bread, cake, potato, meat, egg) were identified, and the main structural types of FUs were determined. Special attention is paid to the problems of translation: the asymmetry of figurative systems, differences in the connotative coloring of components, and cultural-specific realities. The main method is a comparative analysis of the FUs of English and Russian languages, with an emphasis on their features at the level of semantics, stylistics, and cultural connotations. As a result of the study, a typology of interlanguage correspondences was proposed, as well as the main translation transformations were characterized.

AI Terminology Triangle: At the Intersection of Accuracy, Ethics, and Trust

A.S. Rybakova, I.I. Salamatina
State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna

Key words and phrases: information technologies; term; terminology unification; ethics; artificial intelligence language.

Abstract: The article is devoted to the study of the evolution of the technical language in the field of information technology, which is considered as a tool for ethical and inclusive formation of digital reality. The aim of the study is to analyze the fundamental terminological changes that reflect the transition from the language of description to the language of creation, as well as to identify socio-cultural, ethical and legal factors that affect this process. As research methods, the authors refer to both theoretical methods (generalization and classification) and practical methods (observation, comparison and description). The result of the study is the substantiation of the constituent function of the term, which ceases to be a passive means of nomination and becomes an active tool for reducing user anxiety, increasing confidence in autonomous systems and compliance with modern ethical standards.

The Potential of In-house Training in the Context of Continuing Education of Higher School Teachers

N.E. Tikhanova, M.G. Sergeeva
Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow

Key words and phrases: in-house training, in-house training, continuing education, educational space, higher school teacher, professional competence, professional development of teachers.

Abstract: The aim of the study is to reveal the possibilities of intra-corporate training in the logic of continuing education of university teachers. The objectives of the study are to identify the advantages of in-house training in comparison with “field” forms of continuing education, to analyze the classification parameters of intra-corporate training and to substantiate the principal characteristics of the corresponding educational space. Research methods included analysis, synthesis, and comparison. As an essential prerequisite for improving the professionalism of teachers, we considered their continuous internal training, the strengths of which can be recognized as economic feasibility, adaptation of training programs to the specifics of a particular educational organization, and acceleration of professional adaptation of new teachers. The forms of in-house training are presented to determine the most progressive of them relative to higher educators, and the requirements for the educational space that determine the effectiveness of improving professional and pedagogical competence within an educational organization are formulated.

Investigation of Acoustic Characteristics of Metamaterials from Spiral Phonon Crystals

Mingxu Guo, N.R. Turkina, Shibo Shin
Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg

Key words and phrases: COMSOL Multiphysics; 2D phonon crystal; 3D phonon crystal; acoustics; sound insulation; optimization.

Abstract: This paper analyzes the sound insulation of two-dimensional and three-dimensional spiral phonon crystals with resonator cavities of different sizes using the SolidWorks modeling program, the acoustic module of the COMSOL Multiphysics program, and optimization in the Python program. The results show that the plate thickness parameters significantly affect the sound insulation characteristics of acoustic metamaterials; the maximum average insertion loss was 46.56 dB. It is found that reasonable optimization of the structural geometry can effectively enhance the local resonance effect, thereby improving the low-frequency sound insulation of acoustic metamaterials.

НАШИ АВТОРЫ
List of Authors

Борисенко И.И. – студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, e-mail: journal@moofrnk.com

Borisenko I.I. – Student, Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, e-mail: journal@moofrnk.com

Серегин И.А. – студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, e-mail: journal@moofrnk.com

Seregin I.A. – Student, Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, e-mail: journal@moofrnk.com

Петрив Р.Б. – старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, e-mail: journal@moofrnk.com

Petriv R.B. – Senior Lecturer, Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, e-mail: journal@moofrnk.com

Сторожук Н.Л. – кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, e-mail: journal@moofrnk.com

Storozhuk N.L. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Secure Communication Systems, Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, St. Petersburg, e-mail: journal@moofrnk.com

Волков Д.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, г. Москва, e-mail: litoq@bk.ru

Volkov D.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Automated Control Systems, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, e-mail: litoq@bk.ru

Илюхин М.В. – студент Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, г. Москва, e-mail: iliuhin.maxim2016@yandex.ru

Ilyukhin M.V. – Student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, e-mail: iliuhin.maxim2016@yandex.ru

Деревенсков А.Д. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: alex-d-d@mail.ru

Derevenskov A.D. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: alex-d-d@mail.ru

Шаповалов С.С. – магистрант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: shapovalov.Sergey2016@yandex.ru

Shapovalov S.S. – Master's Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: shapovalov.Sergey2016@yandex.ru

Осадчий И.В. – магистрант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: ilya_osadchiy_02@mail.ru

Osadchiy I.V. – Master's Student, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: ilya_osadchiy_02@mail.ru

Соболевская Т.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: moonway13@rambler.ru

Sobolevskaya T.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Digital Technologies in Urban Studies, Architecture, and Construction, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: moonway13@rambler.ru

Калиберда С.И. – аспирант Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина, г. Елец, e-mail: nondeadd@yandex.ru

Kaliberda S.I. – Postgraduate Student, Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: nondeadd@yandex.ru

Чернышев А.Б. – доктор технических наук, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина, г. Елец, e-mail: chalbor@rambler.ru

Chernyshev A.B. – Doctor of Engineering, Associate Professor, Department of Mathematical Modeling, Computer Technologies, and Information Security, Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: chalbor@rambler.ru

Круглова Л.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и процессов управления Инженерной Академии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, e-mail: kruglova_lv@rudn.ru

Kruglova L.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanics and Control Processes, Engineering Academy, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: kruglova_lv@rudn.ru

Федосеева А.А. – магистрант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, e-mail: alina.fed860@gmail.com

Fedoseeva A.A. – Master's Student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: alina.fed860@gmail.com

Керимов М.А. – магистрант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, e-mail: maksim.kerimov.02@mail.ru

Kerimov M.A. – Master's Student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: maksim.kerimov.02@mail.ru

Малахов С.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры управления в технических системах Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, e-mail: gwynbldddd@gmail.com

Malakhov S.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Control in Technical Systems, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: gwynbldddddd@gmail.com

Курбатов Д.А. – студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, e-mail: danya.utka@yandex.ru

Kurbatov D.A. – Student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: danya.utka@yandex.ru

Данилейко Л.В. – студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, e-mail: levadanileyko@gmail.com

Danileyko L.V. – Student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: levadanileyko@gmail.com

Спирин С.А. – студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара, e-mail: aspi163@inbox.ru

Spirin S.A. – Student, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: aspi163@inbox.ru

Радченко В.П. – старший преподаватель кафедры информационных систем и компьютерного моделирования Волгоградского государственного университета, г. Волгоград, e-mail: viktor.radchenko@volsu.ru

Radchenko V.P. – Senior Lecturer, Department of Information Systems and Computer Modeling, Volgograd State University, Volgograd, e-mail: viktor.radchenko@volsu.ru

Зуев А.С. – студент Волгоградского государственного университета, г. Волгоград, e-mail: alexzu888@gmail.com

Zuev A.S. – Student, Volgograd State University, Volgograd, e-mail: alexzu888@gmail.com

Дьяконова Т.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования Волгоградского государственного университета, г. Волгоград, e-mail: dyakonova@volsu.ru

Dyakonova T.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Systems and Computer Modeling, Volgograd State University, Volgograd, e-mail: dyakonova@volsu.ru

Свиридов А.Н. – кандидат технических наук, доцент Института микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Москва, e-mail: nickalecks@gmail.com

Sviridov A.N. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, L.N. Presnukhin Institute of Microdevices and Control Systems, National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow, e-mail: nickalecks@gmail.com

Иглин М.О. – студент Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Москва, e-mail: maximiglinrest@gmail.com

Iglin M.O. – Student, National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow, e-mail: maximiglinrest@gmail.com

Свиридова Е.А. – аспирант Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Москва, e-mail: elenayandaikina@yandex.ru

Sviridova E.A. – Postgraduate Student, National Research University of Electronic Technology (MIET),

Moscow, e-mail: elenayandaikina@yandex.ru

Спиваков М.Б. – студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: telletek9@gmail.com

Spivakov M.B. – Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: telletek9@gmail.com

Гончаров Р.Р. – студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: radikgoncharov04@gmail.com

Goncharov R.R. – Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: radikgoncharov04@gmail.com

Костюченко Т.Р. – студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: kostim37@gmail.com

Kostyuchenko T.R. – Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: kostim37@gmail.com

Малеев О.Г. – кандидат технических наук, доцент Высшей школы программной инженерии Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: olegmg@bk.ru

Maleev O.G. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Higher School of Software Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: olegmg@bk.ru

Старкова Д.С. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: journal@moofrnk.com

Starkova D.S. – Student, Samara National Research University, Samara, e-mail: journal@moofrnk.com

Уланов А.Д. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: journal@moofrnk.com

Ulanov A.D. – Student, Samara National Research University, Samara, e-mail: journal@moofrnk.com

Фролов А.В. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: journal@moofrnk.com

Frolov A.V. – Student, Samara National Research University, Samara, e-mail: journal@moofrnk.com

Малахов С.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры программных систем Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: journal@moofrnk.com

Malakhov S.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Software Systems, Samara National Research University, Samara, e-mail: journal@moofrnk.com

Сулимов А.С. – аспирант МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: alexander.soulimov@yandex.ru

Sulimov A.S. – Postgraduate Student, MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: alexander.soulimov@yandex.ru

Романов М.П. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры проблем управления МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва, e-mail: m_romanov@mirea.ru

Romanov M.P. – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Control Sciences, MIREA –

Russian Technological University, Moscow, e-mail: m_romanov@mirea.ru

Арепьева Д.С. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: ArepevaDS@mgsu.ru

Arepyeva D.S. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: ArepevaDS@mgsu.ru

Сергиенко Д.А. – преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: SergienkoDA@mgsu.ru

Sergienko D.A. – Lecturer, Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: SergienkoDA@mgsu.ru

Чижевская А.Д. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: Sasha.chijevskaya@yandex.ru

Chizhevskaya A.D. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: Sasha.chijevskaya@yandex.ru

Федоров С.С. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры 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), Associate Professor, Head of Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: FedorovSS@mgsu.ru

Заронов Д.В. – магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: zaronov.danila@mail.ru

Zaronov D.V. – Master's Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: zaronov.danila@mail.ru

Щетинина А.А. – магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: shetinina-02@mail.ru

Shchetinina A.A. – Master's Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: shetinina-02@mail.ru

Шамлицкий Я.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, e-mail: 2538357@mail.ru

Shamlitsky Ya.I. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Control Systems, Siberian State University named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: 2538357@mail.ru

Куликова М.Г. – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования Смоленского филиала Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», г. Смоленск, e-mail: kolyn677689@gmail.com

Kulikova M.G. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Smolensk Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk, e-mail: kolyn677689@gmail.com

Новиков Н.А. – магистрант Национального исследовательского университета «Московский энер-

гетический институт», г. Смоленск, e-mail: kolyn677689@gmail.com

Novikov N.A. – Master's Student, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk, e-mail: kolyn677689@gmail.com

Мигалкина М.С. – студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: isheeps@yandex.ru

Migalkina M.S. – Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: isheeps@yandex.ru

Сурина А.В. – кандидат технических наук, доцент Высшей школы проектной деятельности и инноваций в промышленности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: a.surina2010@yandex.ru

Surina A.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Higher School of Project Activity and Innovation in Industry, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: a.surina2010@yandex.ru

Володов Н.Д. – ассистент кафедры информационной безопасности автоматизированных систем Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, e-mail: volodov13052001@gmail.com

Volodov N.D. – Assistant, Department of Information Security of Automated Systems, Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, e-mail: volodov13052001@gmail.com

Кондратов Д.В. – доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности автоматизированных систем Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.; главный научный сотрудник Института проблем точной механики и управления Российской академии наук, г. Саратов, e-mail: kondratovdv@yandex.ru

Kondratov D.V. – Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of Department of Information Security of Automated Systems, Gagarin Saratov State Technical University; Chief Researcher, Institute of Precision Mechanics and Control, Russian Academy of Sciences, Saratov, e-mail: kondratovdv@yandex.ru

Малахов С.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры программных систем Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: malakhov.sv@ssau.ru

Malakhov S.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Software Systems, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: malakhov.sv@ssau.ru

Дагаев Д.М. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: danildagaev003@gmail.com

Dagaev D.M. – Student, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: danildagaev003@gmail.com

Доманицкий А.В. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: alex.domanitskiy@yandex.ru

Domanitskiy A.V. – Student, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: alex.domanitskiy@yandex.ru

Лысов И.Д. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, e-mail: illigiorno@gmail.com

Lysov I.D. – Student, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: illigiorno@gmail.com

Михальчук Д.А. – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королеёва, г. Самара, e-mail: mihalchuk.danila@mail.ru

Mikhalchuk D.A. – Student, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: mihalchuk.danila@mail.ru

Чичеров Д.О. – аспирант Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, e-mail: chicherov.workmail@yandex.ru

Chicherov D.O. – Postgraduate Student, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, e-mail: chicherov.workmail@yandex.ru

Ковалев С.В. – доктор технических наук, профессор кафедры математического моделирования и информационных технологий Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, e-mail: sseedd@mail.ru,

Kovalev S.V. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Mathematical Modeling and Information Technology, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, e-mail: sseedd@mail.ru

Короткова Г.В. – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования Смоленского филиала Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», г. Смоленск, e-mail: klon.86@mail.ru

Korotkova G.V. – Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Smolensk Branch of National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Smolensk, e-mail: klon.86@mail.ru

Боханов А.Д. – магистрант Смоленского филиала Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», г. Смоленск, e-mail: klon.86@mail.ru

Bokhanov A.D. – Master’s Student, Smolensk Branch of National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Smolensk, e-mail: klon.86@mail.ru

Фокин В.М. – доктор технических наук, профессор кафедры энерготехнологий и теплогазоснабжения Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: vmfokin@bk.ru

Fokin V.M. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Energy Technologies and Heat and Gas Supply, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: vmfokin@bk.ru

Попова А.Д. – учащийся лицея № 9 имени заслуженного учителя школы Российской Федерации А.Н. Неверова, г. Волгоград, e-mail: vmfokin@bk.ru

Popova A.D. – Student, Lyceum No. 9 named after Honored School Teacher of the Russian Federation A.N. Neverov, Volgograd, e-mail: vmfokin@bk.ru

Ковылин А.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры энерготехнологий и теплогазоснабжения Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, e-mail: kovylin.andrei@mail.ru

Kovylin A.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Energy Technologies and Heat and Gas Supply, Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: kovylin.andrei@mail.ru

Посадсков Ф.Е. – гидрогеолог ООО «Геодин», аспирант Российского государственного аграрного

университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, e-mail: posadskov03@gmail.com

Posadskov F.E. – Hydrogeologist, Geodin LLC, Postgraduate Student, Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, e-mail: posadskov03@gmail.com

Редников С.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, e-mail: Srednikov@mail.ru

Rednikov S.N. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Hydraulics, Hydrology, and Water Resources Management, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, e-mail: Srednikov@mail.ru

Руденко А.А. – доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры организации строительства Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург, e-mail: rudenkoa.a@mail.ru

Rudenko A.A. – Doctor of Economics, Candidate of Science (Engineering), Professor, Department of Construction Organization, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, e-mail: rudenkoa.a@mail.ru

Абрамова А.С. – магистрант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, e-mail: abramovaanna2002@mail.ru

Abramova A.S. – Master's Student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: abramovaanna2002@mail.ru

Дрыга Д.О. – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и процессов управления Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, e-mail: dryga-do@rudn.ru

Dryga D.O. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanics and Control Processes, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: dryga-do@rudn.ru

Задворянская Т.И. – кандидат архитектуры, доцент кафедры теории и практики архитектурного проектирования Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж, e-mail: zadvoryanskaya@gmail.com

Zadvoryanskaya T.I. – Candidate of Architecture, Associate Professor, Department of Theory and Practice of Architectural Design, Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: zadvoryanskaya@gmail.com

Корнева Ю.Г. – магистрант Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж, e-mail: yluasha2001@gmail.com

Korneva Yu.G. – Master's Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: yluasha2001@gmail.com

Кучер М.Д. – магистрант Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж, e-mail: mari.puchkova.2552@mail.ru

Kucher M.D. – Master's Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: mari.puchkova.2552@mail.ru

Сафонова Е.В. – доцент кафедры архитектурного проектирования Сибирского федерального университета, г. Красноярск, e-mail: esafonova@sfu-kras.ru

Safonova E.V. – Associate Professor, Department of Architectural Design, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: esafonova@sfu-kras.ru

Лапидус А.А. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: lapidusaa@mgsu.ru

Lapidus A.A. – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Construction Technologies and Organization, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: lapidusaa@mgsu.ru

Алборов Т.Т. – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: t.alborov@bk.ru

Alborov T.T. – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: t.alborov@bk.ru

Мириков В.Н. – преподаватель кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: vnmirikov@yandex.ru

Mirikov V.N. – Lecturer, Department of Construction Technologies and Organization, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: vnmirikov@yandex.ru

Хаев Т.Э. – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: haevt@mail.ru

Khaev T.E. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Construction Technologies and Organization, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: haevt@mail.ru

Егорова Н.П. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: natasae382@gmail.com

Egorova N.P. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: natasae382@gmail.com

Абдукайимов Ж.У. – студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: abduqayimovjamshid01@mail.ru

Abdukayimov Zh.U. – Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: abduqayimovjamshid01@mail.ru

Кудрин Е.П. – кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой национальных видов спорта, медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: abduqayimovjamshid01@mail.ru

Kudrin E.P. – Candidate of Science (Pedagogy), Head of the Department of National Sports, Medical and Biological Disciplines, and Life Safety, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: abduqayimovjamshid01@mail.ru

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: abduqayimovjamshid01@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:

abduqayimovjamshid01@mail.ru

Бобченко Т.Г. – кандидат психологических наук, доцент кафедры социальной педагогики и психологии Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: ta-bobchenko@mail.ru

Bobchenko T.G. – Candidate of Science (Psychology), Associate Professor, Department of Social Pedagogy and Psychology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: ta-bobchenko@mail.ru

Варламова М.Е. – кандидат психологических наук, доцент кафедры дошкольной педагогики и психологии образования Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, e-mail: maryevg@ mail.ru

Varlamova M.E. – Candidate of Science (Psychology), Associate Professor, Department of Preschool Pedagogy and Educational Psychology, Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, e-mail: maryevg@mail.ru

Веселов А.А. – кандидат исторических наук, доцент кафедры рекламы и связей с общественностью Национального исследовательского института «МЭИ», г. Москва, e-mail: ostash@yandex.ru

Veselov A.A. – Candidate of Science (History), Associate Professor, Department of Advertising and Public Relations, National Research Institute “MPEI”, Moscow, e-mail: ostash@yandex.ru

Овчинникова М.Д. – студент Национального исследовательского института «МЭИ», г. Москва, e-mail: OvchinnikovaMD@mpei.ru

Ovchinnikova M.D. – Student, National Research Institute “MPEI”, Moscow, e-mail: OvchinnikovaMD@mpei.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

Винокурова О.Е. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории физической культуры и спорта Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: olgvin@mail.ru

Vinokurova O.E. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Theory of Physical Culture and Sports of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: olgvin@mail.ru

Глухова К.П. – учитель физики МБОУ СОШ № 17, г.о. Коломна, e-mail: 89851488502@mail.ru

Glukhova K.P. – Physics Teacher, Secondary School No. 17, Kolomna, e-mail: 89851488502@mail.ru

Дубицкая Л.В. – доктор педагогических наук, профессор кафедры физики и химии Государственного социально-гуманитарного университета, г.о. Коломна, e-mail: L.V.Dubi@yandex.ru

Dubitskaya L.V. – Doctor of Education, Professor, Department of Physics and Chemistry, State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna, e-mail: L.V.Dubi@yandex.ru

Павлуцкая Н.М. – доктор педагогических наук, профессор кафедры физики и высшей математики Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина, г. Москва, e-mail: novolodsky@mail.ru

Pavlutskaya N.M. – Doctor of Education, Professor, Department of Physics and Higher Mathematics,

Russian State University named after A.N. Kosygin, Moscow, e-mail: novolodsky@mail.ru

Кузнецов В.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина, г. Нижний Новгород, e-mail: vak1401@yandex.ru

Kuznetsov V.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Physical Education and Sports, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: vak1401@yandex.ru

Засухина Л.В. – старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина, г. Нижний Новгород, e-mail: lubahazas@gmail.com

Zasukhina L.V. – Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sports, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: lubahazas@gmail.com

Сесорова О.В. – старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта Нижегородского государственного педагогического университета имени Козьмы Минина, г. Нижний Новгород, e-mail: sesorova1974@mail.ru

Sesorova O.V. – Senior Lecturer, Department of Physical Education and Sports, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: sesorova1974@mail.ru

Никитина М.А. – студент Российского нового университета, г. Москва, e-mail: slehtina.milena@yandex.ru

Nikitina M.A. – Student, Russian New University, Moscow, e-mail: slehtina.milena@yandex.ru

Подымова Л.С. – доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогического образования Российского нового университета, г. Москва, e-mail: pod_ls@mail.ru

Podymova L.S. – Doctor of Education, Professor, Department of Pedagogical Education, Russian New University, Moscow, e-mail: pod_ls@mail.ru

Платонов А.А. – студент Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: platonov.arian228@mail.ru

Platonov A.A. – Student, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: platonov.arian228@mail.ru

Баишев И.И. – доцент кафедры национальных видов спорта, медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, e-mail: platonov.arian228@mail.ru

Baishev I.I. – 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: platonov.arian228@mail.ru

Рузайкина Н.Н. – старший преподаватель кафедры физической культуры и спорта Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева, г. Саранск, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Ruzaikina N.N. – Senior Lecturer, Department of Physical Culture and Sports, National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Ермолаева М.А. – преподаватель кафедры физической культуры и спорта Мордовского государ-

ственного университета имени Н.П. Огарева, г. Саранск, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Ermolaeva M.A. – Lecturer, Department of Physical Culture and Sports, National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Шуняева Е.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания и спортивных дисциплин Мордовского государственного педагогического университета имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Shunyaeva E.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Physical Education and Sports Disciplines, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk, e-mail: marishka.ermolaeva2001@yandex.ru

Сальникова А.С. – аспирант Мордовского государственного педагогического университета имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск, e-mail: a.novi4kova@mail.ru

Salnikova A.S. – Postgraduate Student, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk, e-mail: a.novi4kova@mail.ru

Капкаева Л.С. – доктор педагогических наук, профессор кафедры математики, экономики и методик обучения Мордовского государственного педагогического университета имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск, e-mail: lskapkaeva@mail.ru

Kapkaeva L.S. – Doctor of Education, Professor, Department of Mathematics, Economics and Teaching Methods, Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk, e-mail: lskapkaeva@mail.ru

Лапин К.С. – доктор физико-математических наук, доцент кафедры математики, экономики и методик обучения Мордовского государственного педагогического университета имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск, e-mail: klapin@mail.ru

Lapin K.S. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics, Economics and Teaching Methods, Mordovia State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk, e-mail: klapin@mail.ru

Куланова А.А. – магистрант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: kulanova02@mail.ru

Kulanova A.A. – Master's Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: kulanova02@mail.ru

Сурина А.В. – кандидат технических наук, доцент Высшей школы проектной деятельности и инноваций в промышленности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, e-mail: surina_av@spbstu.ru

Surina A.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Higher School of Design Activity and Innovations in Industry, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: surina_av@spbstu.ru

Сафонова В.Ю. – доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, физической культуры и методики преподавания безопасности жизнедеятельности Оренбургского государственного педагогического университета, г. Оренбург, e-mail: viktoria.safonova@bk.ru

Safonova V.Yu. – Doctor of Biology, Professor, Department of Life Safety, Physical Culture and Methods of Teaching Life Safety, Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: viktoria.safonova@bk.ru

Тиссен П.П. – кандидат педагогических наук, директор Института физической культуры и

спорта Оренбургского государственного педагогического университета, г. Оренбург, e-mail: tissen_07_64@mail.ru

Tissen P.P. – Candidate of Science (Pedagogy), Director, Institute of Physical Culture and Sports, Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: tissen_07_64@mail.ru

Семенов С.Г. – лаборант-исследователь, сотрудник научно-образовательного центра Цифровое строительство и эксплуатация Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: saltextra17@gmail.com

Semenov S.G. – Laboratory Assistant-Researcher, Employee, Scientific and Academic Center for Digital Construction and Operation, National Research Moscow State Construction University, Moscow, e-mail: saltextra17@gmail.com

Арепьева Д.С. – лаборант-исследователь, сотрудник научно-образовательного центра Цифровое строительство и эксплуатация Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: ArepevaDS@mgsu.ru

Arepyeva D.S. – Laboratory Assistant-Researcher, Employee, Scientific and Academic Center for Digital Construction and Operation, National Research Moscow State Construction University, Moscow, e-mail: ArepevaDS@mgsu.ru

Федоров С.С. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры 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), Associate Professor, Head of Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State Civil Engineering University, Moscow, e-mail: FedorovSS@mgsu.ru

Казаков С.Д. – преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва, e-mail: KazakovSD@mgsu.ru

Kazakov S.D. – Lecturer, Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State Civil Engineering University, Moscow, e-mail: KazakovSD@mgsu.ru

Солнышкина В.В. – кандидат педагогических наук, доцент, директор средней общеобразовательной школы № 25 с углубленным изучением отдельных предметов имени И.В. Грачева, г. Калининград, e-mail: maouschool25@edu.klgd.ru

Solnyshkina V.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Secondary School No. 25 with in-depth study of separate subjects named after I.V. Grachev, Kaliningrad, e-mail: maouschool25@edu.klgd.ru

Дунаенко А.И. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры педагогики, методологии и технологии образования Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь, e-mail: dunaenko-a@mail.ru

Dunaenko A.I. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Pedagogy, Methodology and Technology of Education, North Caucasus Federal University, Stavropol, e-mail: dunaenko-a@mail.ru

Игропуло И.Ф. – доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры педагогики, методологии и технологии образования Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь, e-mail: igropulo@mail.ru

Igropulo I.F. – Doctor of Education, Professor, Senior Researcher, Department of Pedagogy, Methodology and Technology of Education, North Caucasus Federal University, Stavropol, e-mail: igropulo@mail.ru

Щербатых С.В. – доктор педагогических наук, профессор, ректор Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина, г. Елец, e-mail: rector@elsu.ru

Shcherbatykh S.V. – Doctor of Education, Professor, Rector, Yelets State University named after I.A. Bunin, Yelets, e-mail: rector@elsu.ru

Юрьев Д.Ю. – аспирант Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина; врач-онколог Московского областного онкологического диспансера, г. Балашиха, e-mail: yuriew36dima@mail.ru

Yuryev D.Yu. – Postgraduate Student, Bunin Yelets State University; Oncologist at Moscow Regional Oncology Dispensary, Balashikha, e-mail: yuriew36dima@mail.ru

Дога И.В. – преподаватель Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: doga_ilona80@mail.ru

Doga I.V. – Lecturer, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: doga_ilona80@mail.ru

Фортова Л.К. – доктор педагогических наук, кандидат юридических наук, заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры психологии личности и специальной педагогики Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: flk33@mail.ru

Fortova L.K. – Doctor of Education, Candidate of Law, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Professor, Department of Personality Psychology and Special Pedagogics, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: flk33@mail.ru

Крученко А.А. – заместитель проректора по научной и проектной работе, контролю качества образования, международной и межрегиональной деятельности Московского социально-педагогического института, г. Москва, e-mail: kruchenko@mspi-edu.ru

Kruchenko A.A. – Deputy Vice-Rector for Research and Project Work, Education Quality Assurance, International and Interregional Activities, Moscow Socio-Pedagogical Institute, Moscow, e-mail: kruchenko@mspi-edu.ru

Мельников Д.А. – кандидат педагогических наук, профессор, академик Международной Академии наук информации, информационных процессов и технологий, ректор Московского социально-педагогического института, г. Москва, e-mail: kruchenko@mspi-edu.ru

Melnikov D.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Professor, Academician of the International Academy of Information Sciences, Information Processes and Technologies, Rector, Moscow Socio-Pedagogical Institute, Moscow, e-mail: kruchenko@mspi-edu.ru

Ли Сяокунь – аспирант Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Li Xiaokun – Postgraduate Student, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Марченко Г.В. – кандидат педагогических наук, профессор кафедры образования и педагогических наук Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Marchenko G.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Professor, Department of Education and Pedagogical

Sciences, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Маркина П.В. – кандидат филологических наук, доцент, директор Института филологии и межкультурной коммуникации Алтайского государственного педагогического университета, г. Барнаул, e-mail: markina_pv@altspu.ru

Markina P.V. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Director of the Institute of Philology and Intercultural Communication, Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: markina_pv@altspu.ru

Хиджурова А.Х. – аспирант Алтайского государственного педагогического университета, г. Барнаул, e-mail: Khidzhurova@mail.ru

Khidzhurova A.Kh. – Postgraduate Student, Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: Khidzhurova@mail.ru

Шаломова Е.В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков профессиональной коммуникации Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: shalomova2013@mail.ru

Shalomova E.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Foreign Languages and Professional Communication, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: shalomova2013@mail.ru

Зубкова А.М. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: tomasina007@list.ru

Zubkova A.M. – Master's Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: tomasina007@list.ru

Титова Д.А. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: titovadaria15.09.2002@yandex.ru

Titova D.A. – Master's Student, Vladimir State University named after A A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: titovadaria15.09.2002@yandex.ru

Гарай К.Ю. – ассистент кафедры естественнонаучных дисциплин филиала Приволжского исследовательского медицинского университета; аспирант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: kristinab2895@gmail.com

Garay K.Yu. – Assistant Lecturer, Department of Natural Sciences, Branch of Volga Research Medical University; Postgraduate Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: kristinab2895@gmail.com

Селиверстова Е.Н. – доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой педагогики Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, e-mail: eseliver@mail.ru

Seliverstova E.N. – Doctor of Education, Professor, Head of Department of Pedagogics, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: eseliver@mail.ru

Гузенко К.С. – старший преподаватель кафедры индустриально-педагогической подготовки Луганского государственного университета имени В. Даля, г. Луганск, e-mail: konovratskaya_kristina@mail.ru

Guzenko K.S. – Senior Lecturer, Department of Industrial and Pedagogical Training, Lugansk State University named after V. Dahl, Lugansk, e-mail: konovratskaya_kristina@mail.ru

Ли Минхуэй – аспирант Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Li Minghui – Postgraduate Student, Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: donpedagog2018@mail.ru

Резцова С.А. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой лингвистики и межкультурной коммуникации Государственного социально-гуманитарного университета, г.о. Коломна, e-mail: svetareztsova@rambler.ru

Reztsova S.A. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Head of Department of Linguistics and Intercultural Communication, State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna, e-mail: svetareztsova@rambler.ru

Полторыхина А.А. – студент Государственного социально-гуманитарного университета, г.о. Коломна, e-mail: alinapoltorykhina@gmail.com

Poltorykhina A.A. – Student, State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna, e-mail: alinapoltorykhina@gmail.com

Рыбакова А.С. – кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Государственного социально-гуманитарного университета, г.о. Коломна, e-mail: annrybakova@gmail.com

Rybakova A.S. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Associate Professor at Department of Linguistics and Intercultural Communication, State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna, e-mail: annrybakova@gmail.com

Саламатина И.И. – доктор педагогических наук, профессор, декан факультета иностранных языков Государственного социально-гуманитарного университета, г. о. Коломна, e-mail: salir@mail.ru

Salamatina I.I. – Doctor of Education, Professor, Dean of the Faculty of Foreign Languages, State University of Social Sciences and Humanities, Kolomna, e-mail: salir@mail.ru

Тиханова Н.Е. – старший преподаватель кафедры безопасности в цифровом мире Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва, e-mail: eva_17@rambler.ru

Tikhanova N.E. – Senior Lecturer, Department of Security in the Digital World, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, e-mail: eva_17@rambler.ru

Сергеева М.Г. – доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики и цифровых образовательных технологий Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва, e-mail: sergeeva198262@mail.ru

Sergeeva M.G. – Doctor of Education, Professor, Department of Pedagogy and Digital Educational Technologies, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, e-mail: sergeeva198262@mail.ru

Го Минсюй – аспирант Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: go_minsiui@voenmeh.ru

Guo Mingxu – Postgraduate Student, Ustinov Baltic State Technical University VOENMEKH, St. Petersburg, e-mail: go_minsiui@voenmeh.ru

Туркина Н.Р. – кандидат технических наук, доцент кафедры механики деформируемого твердого тела Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: turkina_nr@voenmeh.ru

Turkina N.R. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Solid Mechanics, Baltic State Technical University VOENMEKH named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, e-mail: turkina_nr@voenmeh.ru

Син Шибо – аспирант Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: sin_shibo@voenmeh.ru

Shin Shibo – Postgraduate Student, Baltic State Technical University VOENMEKH named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, e-mail: sin_shibo@voenmeh.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ
SCIENCE PROSPECTS
№ 5(200).2026.
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 21.05.2026 г.
Дата выхода в свет 28.05.2026 г.
Формат журнала 60×84/8
Усл. печ. л. 41,62. Уч.-изд. л. 27,69.
Тираж 1000 экз.
Цена 300 руб.
16+
Издательский дом ООО «НТФ РИМ».