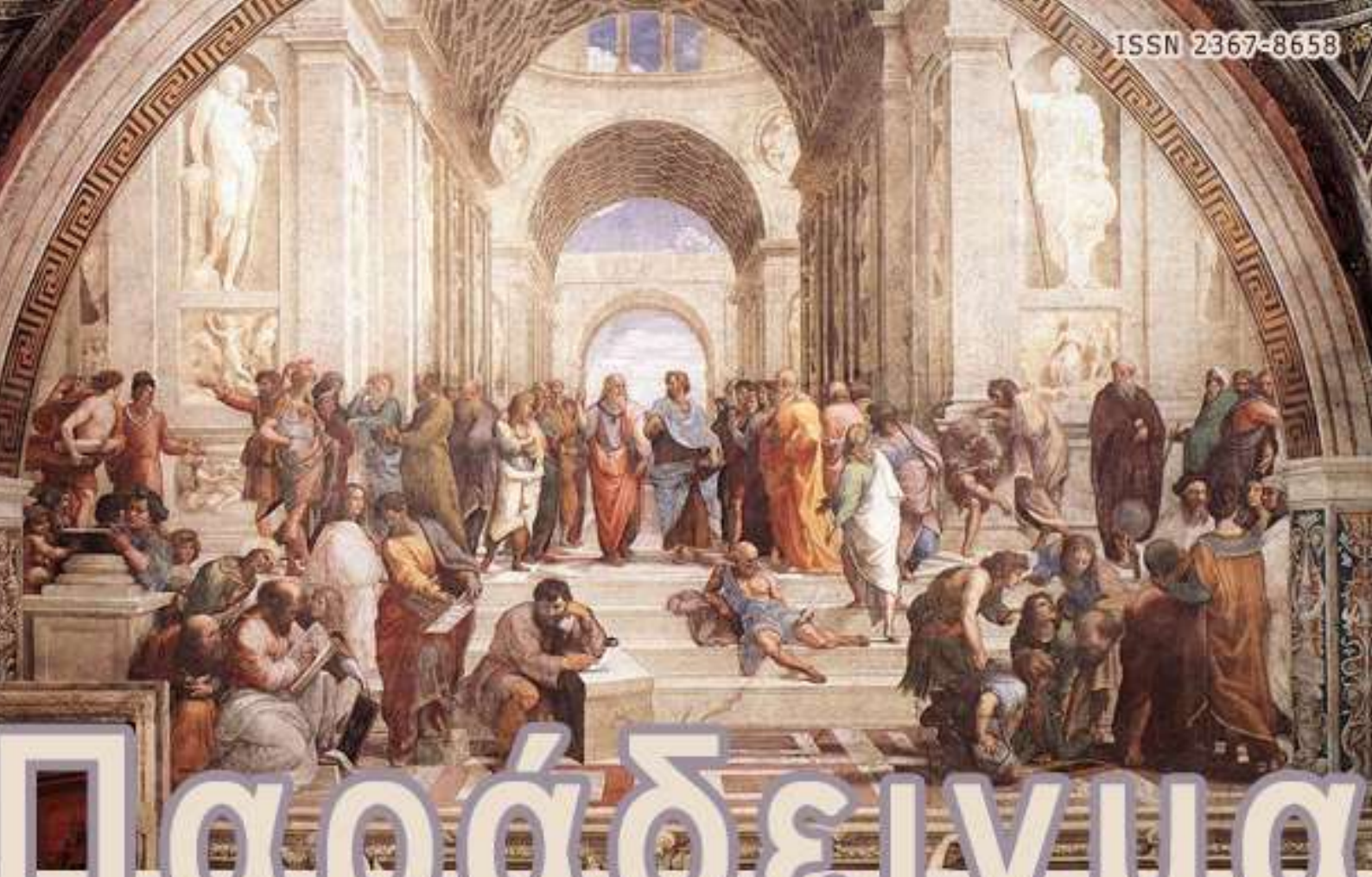
ISSN 2367-8658



Παράδειγμα

Парадигма

Paradigma

№4, 2026
Част 1

Електронно
научно
списание

Парадигма
Електронно
научно списание

БРОЙ 4/2026
Част 1

Издател:
"ЦЕНТЪР ЗА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ИНФОРМАЦИЯ "ПАРАДИГМА"" ЕООД
БЪЛГАРИЯ, гр. Варна 9002,
р-н Одесос, ул. Опълченска No 27
E-mail:
niiparadigma@gmail.com

www.paradigma.science

ISSN 2367-8658

Договоры на размещение:

Публикационная политика:

Редакционен съвет

Абакаров Д. К., к.с.н. (г. Брянск, Россия); **Анжиганова Л. В.,** д.ф.н., професор (г. Абакан, Россия); **Антамошкин А. Н.**, д.т.н., професор (г. Красноярск, Россия); **Арпентьева М. Р.,** д. психол. наук, доцент, член-кореспондент РАЕ академик МАЕ (г. Калуга, Россия); **Багоцкий С. В.**, к.б.н., доцент МИОО, ученый секретарь Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Белобрыкина О. А.**, к.психол.н., доцент, академик Академии полярной медицины и экстремальной экологии человека (г. Новосибирск, Россия); **Бобкова Е. Ю.,** к.пед.н., доцент (г. Самара, Россия); **Валитова И. Е.**, к.пс.н., (г. Брест, Республика Беларусь); **Галкина А. И.,** с.н.с., начальник отдела ФГБНУ "ИУО РАО", руководитель Объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование», почетный работник науки и техники РФ (г. Москва, Россия); **Галчева К. Б.**, доцент, доктор по педагогика Пловдивски университет „П.Хилендарски" (г. Пловдив, Република България); **Заславский А. А.,** к. пед. наук, доцент, (г. Москва, Россия); **Заславская О. Ю.,** д.пед.н., профессор; **Землянухина Н. С.,** д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Землянухина С. Г.**, д.э.н., профессор (г. Саратов, Россия); **Ищанова Г. Т**., к.э.н., (г. Алматы, Казахстан); **Капрусова М. Н.**, к.ф.н., доцент (г. Борисоглебск, Россия); **Костригин А. А** (г. Нижний Новгород, Россия); **Кошенова М. И.**, к.пс.н., доцент, зав.каф. социальной психологии и виктимологии (г. Новосибирск, Россия); **Кравец О. Я.,** д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Магсумов Т. А.**, к.и.н., доцент (г. Набережные Челны, Россия); **Няголова М. Д.**, канд. психол. наук, доцент истории психологии Великотърновского университета имени Святых Кирилла и Мефодия (г. Велико Търново, Република България); **Останков А. В.,** д.т.н., профессор (г. Воронеж, Россия); **Перова М. Б.**, д.э.н., профессор (г. Вологда, Россия); **Поляков Ю. А.**, к.т.н., доцент, (г. Москва, Россия); **Садчиков А. П.,** д.б.н., профессор Международного биотехнологического центра МГУ имени М.В.Ломоносова, вице-президент Московского общества испытателей природы (г. Москва, Россия); **Саенко Л. В.**, к.ю.н., доцент (г. Саратов, Россия); **Седов В. А.**, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники (г. Владивосток, Россия); **Седова Н. А.**, к.т.н., доцент (г. Владивосток, Россия); **Семенютина А. В.,** д.с.-х.н., зав. отделом биологии древесных растений ВНИАЛМИ (г. Волгоград, Россия); **Сидоровнин Г. П.,** директор Европейского Столыпинского инфоцентра (г. Майнц, Германия); **Соловьева А. Г.,** к.б.н., профессор РАЕ, с.н.с. (г. Нижний Новгород, Россия); **Суркова И. Ю.,** д. социол. н., доцент (г. Саратов, Россия); **Трендафилова А. Т.**, ассистент Факултета общественного здоровья Медицинский университет-София (г. София, република България); **Фурсов А. Л.,** к.э.н., директор научно-исследовательского института «Парадигма» (г. Саратов, Россия); **Хусяинов Т. М** (г. Нижний Новгород, Россия)

Главен редактор
Андрей Фурсов

МЕДИЦИНА. БИОЛОГИЯ

УДК 616.62-002.2-084

Ханныев Бегенч Черкезович
Туркменский государственный медицинский университет имени Мырата Гаррыева, Ашхабад, Туркменистан

МЕТАФИЛАКТИКА МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ

Аннотация: Мочекаменная болезнь (МКБ) характеризуется высокими показателями рецидивирования, что делает метафилактику – систему мероприятий по предупреждению повторного камнеобразования – неотъемлемой частью ведения пациентов. Жители аридных зон (засушливый и жаркий климат) подвергаются повышенному риску уролитиаза из-за хронической дегидратации, приводящей к гиперконцентрации мочи и кристаллурии. Эффективная метафилактика в амбулаторных условиях в таких регионах требует учёта климатогенных факторов, а также персонализированного подхода, основанного на метаболическом профиле пациента и составе камня. Систематизировать современные подходы к метафилактике МКБ, адаптированные для амбулаторного ведения пациентов в условиях аридной зоны, и оценить эффективность основных профилактических стратегий (диетотерапия, коррекция питьевого режима, лекарственная терапия). Проведён анализ отечественных и зарубежных литературных источников, посвящённых этиопатогенезу, факторам риска и методам метафилактики МКБ, с акцентом на работы, касающиеся влияния климатических условий и амбулаторного этапа ведения. Ключевыми модифицируемыми факторами риска в аридной зоне являются дегидратация и гипогидратация, гиперкальциурия, гиперурикозурия, гипоцитратурия. Современная метафилактика включает: а) общие рекомендации – поддержание диуреза ≥2,0–2,5 л/сут, диету с ограничением пуринов, оксалатов, натрия и животного белка; б) специфическую лекарственную терапию – цитратные смеси (при гипоцитратурии, уратных и кальций-оксалатных камнях), тиазидные диуретики (при гиперкальциурии), аллопуринол или фебуксостат (при гиперурикозурии и мочекислых камнях). Эффективность метафилактики подтверждается снижением частоты рецидивов на 50–80% при соблюдении режима и регулярном лабораторном контроле (суточная моча, pH-мониторинг). В аридной зоне особое значение приобретает агрессивная коррекция водного баланса с индивидуальным расчётом питьевой нагрузки, особенно в жаркое время года.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, уролитиаз, метафилактика, амбулаторное ведение, аридная зона, гиперкальциурия, цитратная терапия, дегидратация, рецидив камнеобразования.

Введение. Мочекаменная болезнь остаётся одной из актуальных проблем современной урологии в связи с высокой распространённостью, тенденцией к омоложению и значительным риском рецидивирования. По данным

епидемиологических исследований, частота выявления МКБ в популяции достигает 5–15%, а после первичного эпизода отхождения или удаления камня рецидив развивается у 50–70% пациентов в течение 5–10 лет при отсутствии профилактических мероприятий [1, 6, 8]. В связи с этим метафилактика – комплекс лечебно-профилактических действий, направленных на предупреждение повторного камнеобразования, – признаётся неотъемлемой частью ведения больных уролитиазом на всех этапах, включая амбулаторный [6, 8].

Особого внимания заслуживают регионы с аридным климатом (засушливым, жарким, с высокими среднегодовыми температурами и малым количеством осадков). Проживание в таких условиях сопряжено с хронической потерей жидкости через кожу и дыхательные пути, что при недостаточном восполнении водного баланса приводит к стойкой гипогидратации, повышению относительной плотности мочи и перенасыщению её литогенными солями [3, 7]. Этим объясняется повышенная заболеваемость уролитиазом в регионах с жарким и сухим климатом (Средняя Азия, Казахстан, юг России, страны Ближнего Востока). При этом метафилактика в аридной зоне имеет свои особенности, связанные с необходимостью агрессивной коррекции питьевого режима, адаптации диетических рекомендаций к национальным и пищевым традициям, а также учётом сезонных колебаний температуры.

Современная метафилактика базируется на трёх основных «китах»: общие рекомендации по гидратации и диете; специфическая лекарственная терапия, направленная на коррекцию выявленных метаболических нарушений; регулярный лабораторный и инструментальный контроль [6, 8]. Ключевым условием успеха является персонализация – выбор профилактической стратегии должен основываться на результатах метаболического скрининга (суточная экскреция кальция, мочевой кислоты, оксалатов, цитратов, уровень pH мочи) и, по возможности, на анализе химического состава удалённого конкремента [2, 4].

За последние годы опубликован ряд руководств и клинических рекомендаций, систематизирующих принципы метафилактики. В отечественной литературе фундаментальный вклад внесли работы В.С. Саенко и соавт., а также монография З.А. Кадырова и С.И. Сулейманова, в которых подробно разбираются патофизиологические механизмы камнеобразования и обосновываются подходы к профилактике [3, 6, 7, 8]. Вопросы амбулаторного ведения пациентов с МКБ, к сожалению, освещены недостаточно, хотя именно на этом этапе реализуется долгосрочная вторичная профилактика. Особенно остро стоит проблема приверженности пациентов лечению (комплаенса), особенно в условиях жаркого климата, где дискомфорт от приёма большого объёма жидкости может снижать мотивацию.

Целью настоящей работы является систематизация современных подходов к метафилактике МКБ, адаптированных для амбулаторного ведения пациентов в условиях аридной зоны, и оценка эффективности основных профилактических стратегий на основании данных литературы.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Определить ведущие модифицируемые факторы риска рецидивного камнеобразования у жителей аридной зоны.
2. Обобщить современные рекомендации по диетотерапии и питьевому режиму при различных типах камней.
3. Оценить эффективность лекарственной метафилактики (цитратные смеси, тиазиды, аллопуринол) в снижении риска рецидивов.
4. Обсудить практические аспекты организации амбулаторной метафилактики в регионах с жарким климатом.

Модифицируемые факторы риска рецидивного камнеобразования у жителей аридной зоны. Уролитиаз является мультифакторным заболеванием, в основе которого лежат как эндогенные (метаболические нарушения, анатомические аномалии, инфекция), так и экзогенные (климатогеографические, алиментарные) причины [3, 8]. Для аридных зон определяющим внешним фактором выступает хронический дефицит воды в организме. Повышенная потеря жидкости через кожу (перспирация) и дыхательные пути в условиях высоких температур и низкой влажности воздуха при недостаточном питьевом режиме приводит к стойкой гипогидратации, снижению диуреза ниже 1,5 л/сут и, как следствие, к гиперконцентрации мочи и увеличению относительной плотности выше 1020–1025 г/л [3, 7].

В условиях высокой осмоляльности мочи критически снижается растворимость литогенных солей – кальция, оксалатов, мочевой кислоты. При этом даже незначительные метаболические нарушения (например, умеренная гиперкальциурия или гипоцитратурия) могут приводить к перенасыщению мочи и гетерогенной нуклеации кристаллов [2, 4]. Исследования показывают, что у жителей аридных регионов чаще формируются кальций-оксалатные и мочекислые камни, причём рецидивы возникают быстрее и носят более агрессивный характер [3, 6].

Среди лабораторно подтверждаемых модифицируемых факторов риска у пациентов с рецидивным уролитиазом наиболее часто встречаются:

- **Гиперкальциурия** (экскреция кальция >7,5 ммоль/сут у мужчин и >6,2 ммоль/сут у женщин) – выявляется у 30–60% больных с кальций-оксалатными камнями [2, 8]. В аридной зоне её значимость усугубляется дегидратацией, а также повышенным потреблением животного белка и натрия.
- **Гиперурикозурия** (экскреция мочевой кислоты >4,8 ммоль/сут) и гиперурикемия – ведущие факторы образования уратных и смешанных камней. Часто сочетаются с подагрой, метаболическим синдромом [1, 7].
- **Гипоцитратурия** (экскреция цитрата <3,2 ммоль/сут) – один из наиболее значимых факторов, поскольку цитрат является естественным ингибитором кристаллизации кальциевых солей. Выявляется у 20–60% пациентов с рецидивным кальциевым уролитиазом [4, 5].
- **Гипероксалурия** (экскреция оксалатов >0,5 ммоль/сут) – часто связана с избыточным употреблением продуктов, богатых оксалатами (шпинат,

ревень, шоколад, орехи), а также с мальабсорбцией и дисбактериозом кишечника [8].

В амбулаторных условиях первичное метаболическое обследование включает определение уровня кальция, мочевой кислоты, креатинина в сыворотке крови, а также анализ суточной мочи на кальций, мочевую кислоту, оксалаты, цитраты, креатинин и оценку pH [2, 4, 6]. Идеально – проведение спектрального анализа удалённого камня (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ) для точной идентификации его химического состава.

Общие метафилактические мероприятия: гидратация и диетотерапия. Ключевое значение в профилактике рецидивов уролитиаза, особенно в аридной зоне, имеет коррекция питьевого режима. Целевой диурез должен составлять не менее 2,0–2,5 л/сут, что обеспечивается дробным потреблением жидкости в течение всего дня, включая вечерние и ночные часы [6, 7]. Пациентам рекомендуется употреблять воду с низкой минерализацией (не более 200–300 мг/л), желательно с щелочным pH (при уратных и цистиновых камнях) или нейтральным/слабокислым (при кальций-фосфатных). В жаркое время года объём жидкости необходимо увеличивать на 0,5–1,0 л/сут с учётом потерь с потом [3, 7].

Важным практическим инструментом является контроль относительной плотности мочи (допустимые значения <1010–1012 г/л) и цвета мочи (светло-жёлтая). Пациенту рекомендуется иметь при себе бутылку с водой и пить каждые 1,5–2 часа, даже при отсутствии чувства жажды, поскольку у пожилых лиц и при длительной гипогидратации чувство жажды снижено.

Диетические рекомендации дифференцируются в зависимости от типа камня и выявленных метаболических нарушений [3, 6, 8]:

- **При кальций-оксалатных камнях и гиперкальциурии**: ограничение поваренной соли (<5 г/сут), животного белка (0,8–1,0 г/кг массы тела), продуктов, богатых оксалатами (щавель, шпинат, ревень, свёкла, шоколад, орехи, крепкий чай). Потребление кальция с пищей (молочные продукты) не следует резко ограничивать, так как это может привести к компенсаторной гипероксалурии. Целесообразно употребление продуктов, богатых магнием и витамином B6, которые снижают оксалурию [8].
- **При уратных камнях и гиперурикозурии**: ограничение пуринов – субпродукты, мясо молодых животных, наваристые бульоны, жирная рыба, копчёности, бобовые, грибы, а также алкоголь (особенно пиво). Рекомендуется ощелачивание мочи за счёт растительно-молочной диеты, употребления щелочных минеральных вод и цитратных смесей [1, 7].
- **При кальций-фосфатных камнях и фосфатурии**: ограничение продуктов, богатых фосфором (сыр, молоко, рыба, яйца), подкисление мочи (клюквенный морс, аскорбиновая кислота, метионин). Однако у большинства пациентов с фосфатными камнями имеется инфекция мочевых путей, что требует антибактериальной терапии [6].

- **При цистиновых камнях** (редкий наследственный цистинурия): высокое потребление жидкости (>3 л/сут), ощелачивание мочи до pH >7,5, ограничение метионина.

В амбулаторных условиях пациенту выдаются памятки по диете и питьевому режиму, а также дневник самоконтроля, куда он заносит объём выпитой жидкости, диурез, данные pH-метрии (тест-полосками) и, при возможности, результаты суточного анализа мочи [4, 6].

Лекарственная метафилактика: современные возможности. Если коррекции диеты и питьевого режима недостаточно для нормализации метаболических показателей, или риск рецидива очень высок (частые рецидивы, билатеральный уролитиаз, остаточные фрагменты после литотрипсии, единственная почка), назначается специфическая медикаментозная терапия [6, 8].

Цитратные смеси (Блемарен, Уралит-У, солокин) – препараты выбора при гипоцитратурии, уратных и кальций-оксалатных камнях с pH мочи <6,0–6,2. Они ощелачивают мочу, повышают растворимость мочевой кислоты и цистина, а также ингибируют агрегацию кристаллов оксалата кальция. Цитраты также снижают экскрецию кальция и повышают выделение магния [4, 5, 6]. Эффективность цитратной терапии подтверждена многочисленными исследованиями: при мочекислом уролитиазе полное растворение камней достигается у 60–80% пациентов, частота рецидивов снижается на 70–90% [5, 7]. При кальций-оксалатных камнях с гипоцитратурией цитраты уменьшают скорость роста остаточных фрагментов и предотвращают рецидивы в 50–70% случаев [4, 5]. Препараты принимаются длительно (годы), доза подбирается индивидуально под контроль pH мочи (целевой диапазон 6,2–7,0 для уратных и 7,0–7,5 для цистиновых камней). Побочные эффекты редки – диспепсия, метеоризм, при передозировке – метаболический алкалоз.

Тиазидные диуретики (гипотиазид, индапамид, хлорталидон) – «золотой стандарт» при идиопатической гиперкальциурии, а также при кальций-оксалатных и кальций-фосфатных камнях [2, 6, 8]. Тиазиды уменьшают экскрецию кальция с мочой на 30–50% за счёт усиления его реабсорбции в дистальных канальцах. Мета-анализы показывают снижение частоты рецидивов на 50–60% при длительном приёме. Стартовая доза гипотиазида – 25 мг/сут, при необходимости через 1–2 месяца увеличивают до 50 мг/сут или переходят на индапамид 1,25–2,5 мг/сут [6, 8]. Контроль: уровень калия и натрия крови, ЭКГ. Побочные эффекты: гипокалиемия, гиперурикемия, гипергликемия, импотенция. Для профилактики гипокалиемии рекомендуется сочетание с калийсберегающими диуретиками (амилорид, триамтерен) или препаратами калия. Важно: тиазиды не назначаются при нормальном уровне кальция в моче, так как неэффективны и могут вызвать нежелательные реакции.

Аллопуринол и фебуксостат – ингибиторы ксантиноксидазы, снижающие синтез мочевой кислоты. Показаны при гиперурикозурии (>4,8 ммоль/сут) и/или гиперурикемии (>0,42 ммоль/л), уратных и смешанных (уратно-оксалатных) камнях, а также при подагре [1, 7]. Стандартная доза аллопуринола – 100–300

мг/сут, фебуксостата – 40–80 мг/сут. Эффективность: снижение экскреции мочевой кислоты на 40–60%, уменьшение частоты рецидивов на 70–80% при условии сопутствующей гидратации и ощелачивания мочи [1, 7]. Контроль: уровень мочевой кислоты в крови и суточной моче, печёночные ферменты, креатинин. Побочные эффекты: кожная сыпь (аллопуринол), диспепсия, гепатотоксичность. Фебуксостат предпочтительнее при почечной недостаточности.

Другие препараты: тиопропинин (при цистиновых камнях), ацетазоламид (при фосфатных камнях с защелачиванием мочи), витамин B6 (пиридоксин) в дозе 5–25 мг/сут при первичной гипероксалурии [6, 8].

Эффективность метафилактики и проблемы приверженности в аридной зоне. Многочисленные рандомизированные исследования и мета-анализы подтверждают, что правильно подобранная метафилактика (сочетание гидратации, диеты и лекарственной терапии) снижает риск рецидива МКБ на 50–80% [6, 8]. Однако в реальной амбулаторной практике эффективность часто ниже из-за низкой приверженности пациентов длительному лечению, особенно в регионах с жарким климатом. Причины: дискомфорт от обильного питья (частые позывы, ночные пробуждения), сложность соблюдения диеты (особенно в условиях традиционного питания), высокая стоимость препаратов и недоступность некоторых анализов [3, 6].

Для повышения комплаенса в аридной зоне необходимы: образовательные программы для пациентов, простые и наглядные рекомендации (инфографика, мобильные приложения для расчёта диуреза и pH мочи), а также регулярный контроль со стороны врача (телефонные звонки, дистанционный мониторинг). Современные мобильные решения (например, приложение «Метафилактика МКБ») позволяют пациенту фиксировать показатели и получать напоминания, что повышает приверженность [4, 6].

Заключение. Метафилактика мочекаменной болезни в амбулаторных условиях аридной зоны представляет собой многокомпонентную, персонализированную систему, направленную на устранение модифицируемых факторов риска, прежде всего хронической дегидратации и связанных с ней метаболических нарушений. Основу эффективной профилактики составляют: достижение целевого диуреза ≥2,0–2,5 л/сут, диетическая коррекция с ограничением соли, животного белка, пуринов и оксалатов, а также, при необходимости, длительная лекарственная терапия (цитратные смеси, тиазидные диуретики, аллопуринол) под контролем лабораторных показателей.

Доказано, что соблюдение современных рекомендаций по метафилактике способно снизить частоту рецидивов уролитиаза на 50–80% и улучшить качество жизни пациентов. Однако успех профилактики в значительной степени зависит от приверженности больного лечению, что требует активной образовательной работы, упрощения схем и использования технологий дистанционного мониторинга.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку региональных клинических протоколов метафилактики с учётом климатических особенностей, оценку экономической эффективности профилактических программ, а также создание систем поддержки комплаенса для пациентов из аридных зон.

Список литературы:

1. Борисов, В. В. Нарушения пуринового обмена и их коррекция: взгляд уролога. Клиническая лекция / В. В. Борисов // Consilium Medicum. – 2017. – Т. 19, № 9. – С. 129-133. – DOI 10.26442/2075-1753_19.9.129-133.
2. Голованов, С. А. Метаболические факторы риска и формирование мочевых камней. Исследование VI: Литогенная активность кальциурии у мужчин и женщин / С. А. Голованов, М. Ю. Просянников, А. В. Сивков, Н. В. Анохин, Д. А. Войтко // Экспериментальная и клиническая урология. – 2023. – № 1. – С. 20-27.
3. Кадыров, З. А. Мочекаменная болезнь. Клинико-биохимические аспекты патогенеза, диагностики и лечения / З. А. Кадыров, С. И. Сулейманов. – Москва : Бином, 2013. – 312 с. – ISBN 978-5-9518-0514-0.
4. Кустов, А. В. Диагностика метаболических нарушений и метафилактика рецидивного кальций-оксалатного уролитиаза / А. В. Кустов, А. И. Стрельников // Дальневосточный медицинский журнал. – 2021. – № 2. – С. 45-50.
5. Рапопорт, Л. М. Возможности цитратной терапии в лечении пациентов с мочекаменной болезнью / Л. М. Рапопорт, Д. Г. Цариченко, В. С. Саенко, Е. А. Фролова // Фарматека. – 2015. – № 13. – С. 32-36.
6. Саенко, В. С. Основы метафилактики мочекаменной болезни : руководство для врачей / В. С. Саенко. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 176 с. – ISBN 978-5-9704-7971-1. – DOI 10.33029/9704-7971-1-BMU-2023-1-176.
7. Саенко, В. С. Роль питьевых и диетических факторов в эффективном литолизе и метафилактике мочекислого нефролитиаза / В. С. Саенко, С. В. Песегов, Е. А. Фролова // Урология. – 2019. – № 2. – С. 113-118.
8. Саенко, В. С. Мочекаменная болезнь. Часть 4. Принципы метафилактики мочекаменной болезни / В. С. Саенко, М. А. Газимиев, С. В. Песегов, Ю. Г. Аляев // Экспериментальная и клиническая урология. – 2023. – № 4. – С. 10-18.

УДК 613.71

Калабин Ю. В., Двинин Ж. С.
Кировский государственный медицинский университет, Киров, Россия

АССОЦИАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ С МЫШЕЧНО-СКЕЛЕТНЫМИ ЖАЛОБАМИ У ВРАЧЕЙ-СТОМАТОЛОГОВ

Аннотация: Мышечно-скелетные жалобы являются одной из наиболее распространённых проблем профессионального здоровья врачей-стоматологов вследствие длительной статической нагрузки и вынужденных рабочих поз. При этом уровень двигательной активности рассматривается как потенциально модифицируемый фактор профилактики нарушений опорно-двигательного аппарата. Целью настоящего исследования явилась оценка ассоциации уровня двигательной активности с распространённостью мышечно-скелетных жалоб у практикующих врачей-стоматологов.

Проведено поперечное анкетное исследование среди практикующих стоматологов. Уровень двигательной активности оценивали с использованием

краткой формы Международного опросника физической активности (IPAQ-SF), наличие мышечно-скелетных жалоб определяли на основании стандартизированного опросника Nordic Musculoskeletal Questionnaire.
Ключевые слова: профессиональное здоровье; опорно-двигательный аппарат; двигательная активность; врачи-стоматологи; мышечно-скелетные жалобы.

Мышечно-скелетные нарушения остаются одной из ведущих причин профессиональной заболеваемости врачей-стоматологов [1,2]. Специфика стоматологической практики связана с длительным пребыванием в статических и неудобных рабочих позах, выполнением высокоточных мануальных манипуляций и значительной зрительной концентрацией, что приводит к хронической перегрузке опорно-двигательного аппарата [3,4]. По данным различных исследований, распространённость болевых синдромов в области шеи, плечевого пояса и поясницы среди стоматологов достигает высоких значений и негативно влияет на работоспособность и качество жизни специалистов [5,6].

В то же время двигательная активность рассматривается как доступный и потенциально управляемый фактор профилактики мышечно-скелетных нарушений. Регулярные физические нагрузки способствуют улучшению мышечного баланса, повышению выносливости постуральных мышц и снижению уровня профессионального стресса [7,8,9,10].

В связи с этим изучение ассоциации двигательной активности с распространённостью мышечно-скелетных жалоб у врачей-стоматологов представляется актуальным и практически значимым для разработки профилактических мероприятий, направленных на сохранение профессионального здоровья специалистов стоматологического профиля.

Материалы и методы. Проведено поперечное анкетное исследование практикующих врачей-стоматологов. Сбор данных осуществлялся в 2026 году методом анонимного добровольного анкетирования с использованием онлайн-формы (Yandex Forms). В исследование включались врачи-стоматологи различных специальностей, осуществляющие клиническую практику на момент опроса. Критериями исключения являлись неполное заполнение анкеты и отсутствие клинической практики. Анкета включала четыре блока: социально-демографические характеристики (пол, возраст, антропометрические данные), профессиональные факторы (специализация, стаж работы, продолжительность рабочего дня, характер рабочей позы, наличие перерывов), уровень двигательной активности и наличие мышечно-скелетных жалоб.

Оценку уровня двигательной активности проводили с использованием краткой формы Международного опросника физической активности (International Physical Activity Questionnaire — IPAQ-SF). Расчёт суммарной физической активности выполняли в метаболических эквивалентах (MET-мин/нед) согласно стандартному протоколу IPAQ. В зависимости от полученных значений респонденты распределялись на группы с низким (<600 MET-мин/нед), умеренным (600–2999 MET-мин/нед) и высоким (≥3000 MET-мин/нед) уровнем двигательной активности.

Наличие мышечно-скелетных жалоб оценивали с применением стандартизированного опросника Nordic Musculoskeletal Questionnaire. Фиксировали наличие болевого синдрома за последние 12 месяцев в области шеи, плеч, верхней части спины, поясницы и кистей/запястий. Формировали бинарную переменную наличия мышечно-скелетных жалоб (наличие боли хотя бы в одной анатомической области). Качественные признаки представлены в виде абсолютных и относительных частот. Для оценки ассоциации уровня двигательной активности с наличием мышечно-скелетных жалоб применяли критерий χ^2 и рассчитывали отношение шансов (OR) с 95% доверительным интервалом. Для выявления независимых предикторов использовали бинарную логистическую регрессию. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Исследование проводилось с соблюдением принципов добровольности, анонимности и конфиденциальности полученных данных.

Результаты. В исследование включено 65 практикующих врачей-стоматологов. Медиана возраста респондентов составила 34 года (межквартильный размах — 28–42 года). Женщины составили 63,1% выборки. Стаж работы более 10 лет имели 27,7% опрошенных. Рабочий день продолжительностью более 8 часов отмечен у 49,2% стоматологов.

Уровень двигательной активности. По результатам расчёта суммарной физической активности согласно IPAQ-SF установлено, что низкий уровень двигательной активности имели 22 респондента (33,8%), умеренный — 28 (43,1%), высокий — 15 (23,1%).

Распространённость мышечно-скелетных жалоб. Мышечно-скелетные жалобы за последние 12 месяцев выявлены у 44 из 65 стоматологов, что составило 67,7%. Наиболее часто респонденты отмечали боль в поясничной области (41,5%), шейном отделе (38,5%) и плечевом поясе (33,8%). Жалобы в области кистей и запястий зарегистрированы у 24,6% опрошенных.

Связь двигательной активности с мышечно-скелетными жалобами. При анализе таблицы сопряжённости установлено, что среди стоматологов с низким уровнем двигательной активности мышечно-скелетные жалобы встречались чаще (86,4%) по сравнению с группами умеренной (64,3%) и высокой физической активности (46,7%).

Таблица 1. Связь уровня двигательной активности с наличием мышечно-скелетных жалоб.

Уровень активности	Есть жалобы n (%)	Нет жалоб n (%)	Всего
Низкий (n=22)	19 (86,4)	3 (13,6)	22
Умеренный (n=28)	18 (64,3)	10 (35,7)	28
Высокий (n=15)	7 (46,7)	8 (53,3)	15

Критерий χ^2 показал статистически значимую ассоциацию между уровнем двигательной активности и наличием мышечно-скелетных жалоб ($\chi^2 = 6,12$; $p = 0,047$).

При расчёте отношения шансов установлено, что у стоматологов с низким уровнем двигательной активности вероятность наличия мышечно-скелетных жалоб была выше в 4,5 раза по сравнению с респондентами с умеренным и высоким уровнем активности (OR = 4,52; 95% ДИ 1,18–17,3).

Логистическая регрессия. По результатам бинарной логистической регрессии низкий уровень двигательной активности сохранял статистически значимую связь с наличием мышечно-скелетных жалоб после учёта стажа работы и продолжительности рабочего дня (OR = 3,9; 95% ДИ 1,1–13,8; p = 0,036).

Таблица 2. Результаты бинарной логистической регрессии факторов, ассоциированных с МСК-жалобами.

Фактор	OR	95% ДИ	p
Низкая физическая активность	3,9	1,1–13,8	0,036
Стаж >10 лет	2,1	0,7–6,4	0,18
Рабочий день >8 часов	1,8	0,6–5,5	0,29

Факторы «стаж работы более 10 лет» и «рабочий день более 8 часов» в модели статистически значимой связи с наличием жалоб не продемонстрировали (p > 0,05).

Обсуждение результатов. Полученные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о высокой распространённости мышечно-скелетных жалоб среди практикующих врачей-стоматологов (67,7%), что согласуется с результатами ранее опубликованных исследований, указывающих на значительную распространённость нарушений опорно-двигательного аппарата в данной профессиональной группе. Наиболее часто респонденты отмечали боль в поясничной и шейной областях, что отражает специфику стоматологической практики, связанную с длительным пребыванием в статических и вынужденных рабочих позах.

Установлено, что низкий уровень двигательной активности ассоциирован с более высокой частотой мышечно-скелетных жалоб. Так, в группе с низкой физической активностью жалобы выявлялись у 86,4% стоматологов, тогда как при умеренном и высоком уровне активности данный показатель был существенно ниже. Выявленная статистически значимая ассоциация (p = 0,047) подтверждает предположение о защитной роли регулярной двигательной активности в отношении нарушений опорно-двигательного аппарата.

Результаты логистической регрессии показали, что низкий уровень двигательной активности является независимым предиктором мышечно-скелетных жалоб (OR = 3,9; 95% ДИ 1,1–13,8). Это согласуется с современными представлениями о том, что недостаточная физическая активность способствует снижению выносливости постуральных мышц, ухудшению мышечного баланса и повышению уязвимости к статическим профессиональным нагрузкам.

Вместе с тем факторы стажа работы более 10 лет и продолжительности рабочего дня свыше 8 часов в настоящем исследовании не продемонстрировали статистически значимой связи с наличием жалоб. Это может быть обусловлено ограниченным объёмом выборки, а также возможным влиянием неучтённых эргономических и

индивидуальных факторов. Кроме того, не оценивались такие потенциально значимые факторы, как эргономика рабочего места, индекс массы тела и уровень профессионального стресса.

Несмотря на указанные ограничения, полученные результаты подчёркивают практическую значимость повышения уровня двигательной активности среди стоматологов как доступной меры профилактики мышечно-скелетных нарушений. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются проспективные наблюдения, расширение выборки и оценка эффективности целевых программ производственной гимнастики и физической подготовки стоматологов.

Выводы:

1. Распространённость мышечно-скелетных жалоб среди практикующих врачей-стоматологов составила 67,7%, при этом наиболее частыми локализациями боли являлись поясничная и шейная области.
2. У трети обследованных стоматологов выявлен низкий уровень двигательной активности (33,8%), что свидетельствует о недостаточной приверженности данной профессиональной группы к регулярным физическим нагрузкам.
3. Установлена статистически значимая ассоциация между уровнем двигательной активности и наличием мышечно-скелетных жалоб ($\chi^2 = 6,12$; $p = 0,047$): при низкой физической активности жалобы встречались достоверно чаще.
4. Низкий уровень двигательной активности является независимым предиктором мышечно-скелетных жалоб у стоматологов (OR = 3,9; 95% ДИ 1,1–13,8; $p = 0,036$).
5. Повышение уровня двигательной активности следует рассматривать как доступное и перспективное направление *профилактики мышечно-скелетных нарушений у врачей-стоматологов.*

Список литературы:

1. Hayes M.J., Cockrell D., Smith D.R. A systematic review of musculoskeletal disorders among dental professionals. International Journal of Dental Hygiene. 2009;6(3):159–165.
2. Valachi B., Valachi K. Mechanisms leading to musculoskeletal disorders in dentistry. *Journal of the American Dental Association*. 2003;134(10):1344–1350.
3. Gupta A., Ankola A.V., Hebbal M., et al. Dental ergonomics to combat musculoskeletal disorders: a review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2013;19(4):561–571.
4. Воробьева Д.С., Бойченко С.Ф. ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ВРАЧЕЙ-СТОМАТОЛОГОВ (ТЕРАПЕВТОВ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11-4. – С. 647-648.
5. Михальченко В.Ф., Темкин Э. С., Морозова Н. М., Калинина Н. В., Петрухин А.Г., Кондратенко А.А. Профессиональные вредности в работе врача-стоматолога и профилактика последствий их воздействия. // Волгоград, 1998. 26 с.
6. Shariat A., Cleland J.A., Danaee M., et al. Effects of stretching exercise training and ergonomic modifications on musculoskeletal discomforts of office workers: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2018;22(2):144–153.
7. Гринько С. Ю., Тарбеев Н. Н. Профессиональные заболевания врача-стоматолога. Физическая культура как мера профилактики и лечения данных заболеваний // Проблемы науки. 2018.

№1 (25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnye-zabolevaniya-vracha-stomatologa-fizicheskaya-kultura-kak-mera-profilaktiki-i-lecheniya-dannyh-zabolevaniy (дата обращения: 24.03.2026).

8. Медведева Мария Сергеевна, Скорохватов Василий Петрович Профессионально-прикладная Физическая подготовка студентов-стоматологов // StudNet. 2020. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalno-prikladnaya-fizicheskaya-podgotovka-studentov-stomatologov (дата обращения: 22.02.2026).

9. Чайкин Виктор Валентинович, Попова Наталья Юрьевна АНАЛИЗ ФОРМ И МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2025. №1 (37). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-form-i-metodov-ispolzovaniya-sredstv-fizicheskoy-kultury-v-tselyah-povysheniya-effektivnosti-trudovoy-deyatelnosti (дата обращения: 22.02.2026).

10. Будина Диана Олеговна, Шустова Александра Сергеевна ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ-СТОМАТОЛОГОВ // E-Scio. 2022. №2 (65). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalno-prikladnaya-fizicheskaya-podgotovka-studentov-stomatologov-1 (дата обращения: 22.02.2026).

УДК: 616.314-089.23

Обухова К. А., Терентьев И. Г., Терентьев П. Е., Елехина Е. С.
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

ПОЛИМЕРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СЪЁМНОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ: ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, БИОСОВМЕСТИМОСТЬ, УХОД

Аннотация: Область съемного протезирования в стоматологии претерпевает кардинальные изменения, обусловленные разработкой и внедрением современных полимерных материалов. В этом обзоре обобщены современные данные о полимерах нового поколения, в частности об их повышенной износостойкости, превосходной биосовместимости и оптимизированных требованиях к уходу. Традиционные материалы, такие как полиметилметакрилат (ПММА), дополняются, а в некоторых случаях и заменяются высокоэффективными термопластами, такими как полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), и современными полимерами, обрабатываемыми с помощью технологий CAD/CAM. Эти материалы обладают улучшенными механическими свойствами, в том числе более высокой прочностью на изгиб и устойчивостью к усталости, а также меньшей адгезией к биопленке и улучшенной совместимостью с тканями. Переход на цифровое производство еще больше усиливает эти преимущества за счет повышения однородности материала и точности подгонки. В этой статье представлен всесторонний анализ свойств этих материалов, их клинических характеристик и научно обоснованных протоколов технического обслуживания, которые помогут принимать клинические решения и улучшать долгосрочные результаты лечения пациентов с помощью съемных протезов.

Ключевые слова: съемные зубные протезы, полимеры нового поколения, износостойкость, биосовместимость, уход за протезами.

Введение

Съемное протезирование остается востребованной областью стоматологии, особенно в случаях полной или частичной вторичной адентии, при наличии противопоказаний к имплантации. Демографические изменения, ведущие к старению населения, обусловливают устойчивый спрос на качественные и комфортные съемные конструкции. «Золотым стандартом» базисного материала на протяжении десятилетий является полиметилметакрилат (ПММА). Однако его ограниченная прочность, способность к сорбции влаги и развитию микрофлоры, а также потенциальный риск аллергии на остаточный мономер стимулируют поиск альтернатив [1].

Развитие полимерной химии и инженерных технологий позволило создать новый класс материалов для стоматологии. Цифровая революция в стоматологии, в частности внедрение технологий CAD/CAM, создала технологическую базу для эффективного применения этих материалов, открыв возможности для прецизионного изготовления сложных конструкций, которые ранее были недоступны. Цель данной статьи — провести

сравнительный анализ свойств полимеров нового поколения применительно к съемному протезированию, уделяя особое внимание их износостойкости, биосовместимости и рекомендациям по уходу.

Цель и задачи исследования

Комплексный анализ свойств полимеров нового поколения, применяемых для изготовления базисов съёмных зубных протезов, и оценка их преимуществ перед традиционными материалами на основе ключевых критериев: износостойкость, биосовместимость и особенности клинического обслуживания.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Систематизировать классификацию современных полимерных материалов для съёмного протезирования, выделив их основные группы (высокоэффективные термопласты, модифицированные акриловые смолы).
2. Провести сравнительный анализ механических свойств, в первую очередь износостойкости (абразивной и усталостной) новых полимеров (PEEK, PEKK, полиамидов, нанокомпозитов) и традиционного полиметилметакрилата (ПММА).
3. Оценить биосовместимость рассматриваемых материалов, уделив внимание таким аспектам, как химическая инертность, гипоаллергенность, сорбция воды и способность к адгезии микроорганизмов.
4. Разработать рекомендации по уходу и обслуживанию протезов из различных полимеров нового поколения с учётом их физико-химических и механических особенностей.
5. Обобщить полученные данные для формулирования прогноза о перспективах клинического применения каждого класса материалов в зависимости от конкретной клинической ситуации.

Материалы и методы исследования

Проведен систематический обзор научной литературы за последние 10 лет по базам данных PubMed, Google Scholar, CyberLeninka по ключевым словам: съемные протезы, PEEK, PEKK, полиамиды, износостойкость, биосовместимость. Рассмотрены материалы: термопласты (PEEK, PEKK, полиамиды) и термореактивные композиты (ПММА, модифицированный нанонаполнителями и диметилакрилатами). Методология включала сравнительный анализ литературных данных о физико-механических свойствах (прочность на изгиб, модуль упругости, твердость) и биологических характеристиках материалов, а также оценку клинических исследований, касающихся долговечности и гигиенических свойств протезов.

Результаты исследования

Классификация и основные представители полимеров нового поколения:

Высокоэффективные термопласты:

- Полиарилэфиркетоны (PAEK): Подгруппа, включающая PEEK (полиэфирэфиркетон) и PEKK (полиэфиркетонкетон). Эти материалы обладают исключительной механической прочностью, химической стойкостью и высокой температурой плавления, что позволяет использовать их для создания не только базисов, но и кламмеров, аттачменов и телескопических коронок.
- Термопластичные полиамиды (нейлоны): Материалы, отличающиеся высокой эластичностью и ударопрочностью. Они обеспечивают хорошую ретенцию за счет поднутрений, но имеют склонность к пигментации и большему водопоглощению по сравнению с PEEK [1].

Усовершенствованные акриловые смолы:

- ПММА, армированный волокнами: Введение стеклянных или полиэтиленовых волокон в матрицу ПММА значительно повышает устойчивость к распространению трещин и ударную вязкость.
- Нано-гибридные и высокопоперечносшитые ПММА-композиты: Включение наночастиц (диоксида кремния, циркония) увеличивает плотность материала, улучшает его твердость и абразивную стойкость, а также снижает адгезию микроорганизмов.
- Смолы на основе диметилакрилатов: Разработки, направленные на снижение или полное исключение содержания остаточного метилметакрилата (ММА) — основного аллергена и ирританта [2].

Детальный анализ ключевых свойств

1. Износостойкость

Износостойкость является критическим параметром, определяющим долговечность протеза, сохранение его окклюзионных соотношений и эстетических характеристик (глянца). Выделяют два основных механизма износа:

Абразивный износ: Возникает при контакте протеза с пищей и зубной пастой.

Материалы на основе **PEEK** и **PEKK** демонстрируют наилучшие показатели. Благодаря высокой твердости и низкому коэффициенту трения, их поверхность долго сохраняет полировку. Важно отметить, что их абразивность по отношению к эмали зубов-антагонистов минимальна и сопоставима с износом эмали, что выгодно отличает их от некоторых керамических материалов.

Армированные и наномодифицированные ПММА также значительно превосходят обычный акрилат, так как наполнители принимают на себя часть абразивной нагрузки, предотвращая быстрое истирание более мягкой полимерной матрицы.

Усталостная прочность (сопротивление циклическим нагрузкам): Протез в полости рта подвергается миллионам жевательных циклов, что может привести к образованию микротрещин.

PEEK обладает исключительной усталостной прочностью благодаря своей полукристаллической структуре, которая эффективно рассеивает энергию. Это практически исключает риск перелома базиса, особенно в зонах концентрации напряжений (область уздечек, вырезка под кламмер).

Традиционный ПММА, являясь аморфным полимером, более склонен к образованию и росту усталостных микротрещин, что со временем может привести к поломке протеза [3].

2. Биосовместимость и взаимодействие со средой полости рта:

Взаимодействие материала протеза с тканями протезного ложа и ротовой жидкостью определяет не только комфорт пациента, но и его здоровье.

Химическая инертность и цитотоксичность:

PEEK/PEKK химически инертны. Они не выделяют мономеров, пластификаторов или других потенциально токсичных компонентов, что подтверждено многочисленными исследованиями in vitro и in vivo. Это делает их «золотым стандартом» для пациентов с непереносимостью акрилов.

В **усовершенствованных акрилатах** проблема остаточного мономера решается путем оптимизации режимов полимеризации (горячее литье под давлением, полимеризация в инертной среде) и использования альтернативных химических систем. Содержание остаточного ММА в них снижено до 0,1-0,2%, что минимизирует риск токсического и аллергического воздействия [4].

Барьерные свойства и адгезия микроорганизмов:

Акриловые пластмассы классического состава имеют микропористую структуру. Базисы протезов способны сорбировать воду (до 2%), что приводит к набуханию и изменению размеров. Пористость и гидрофильность создают идеальный резервуар для колонизации бактериями и грибами рода Candida, что является причиной неприятного запаха и развития протезных стоматитов [3].

PEEK/PEKK обладают очень низким водопоглощением (<0.1%) и плотной, непористой структурой. Их гидрофобная поверхность препятствует адсорбции белков слюны и последующей адгезии микробных клеток, значительно снижая скорость образования биопленки. Это свойство напрямую влияет на гигиеническое состояние полости рта и снижает риск воспалительных заболеваний.

Гипоаллергенность:

Полиамиды и, в особенности, полиарилкетоны (PEEK, PEKK) не содержат метакрилатных групп. Это делает их безальтернативным выбором для пациентов с подтвержденной аллергией на акрилаты, у которых использование даже модифицированного ПММА может вызвать реакцию.

3. Клинические аспекты и уход за протезами

Особенности физико-химических свойств материала диктуют специфику ухода за протезом для сохранения его функциональных и

эстетических качеств. Неправильный уход может нивелировать преимущества даже самого современного материала.

Протезы из PEEK/PEKK: Благодаря исключительно низкой адгезии налета и высокой устойчивости к царапинам, уход может быть максимально простым. Достаточно ежедневной чистки щеткой с мягкой щетиной и неабразивной пастой. Допустимо регулярное использование стандартных очищающих таблеток для дезинфекции. Ультразвуковая очистка также безопасна и эффективна для удаления остаточных загрязнений в труднодоступных местах.

Протезы из полиамидов (нейлонов): Из-за некоторой гигроскопичности и эластичности, они более подвержены пигментации пищевыми красителями и образованию царапин от абразивных чистящих средств. Рекомендованы специальные средства для ухода за нейлоновыми протезами (обычно в виде пенок или растворов), а также тщательное ополаскивание после еды. Использование жестких щеток и абразивных паст противопоказано.

Протезы из модифицированных акриловых смол: Уход близок к традиционному, однако повышенная твердость и плотность поверхности позволяют использовать более широкий спектр чистящих средств. Критически важно избегать хлорсодержащих отбеливателей и агрессивных кислот, так как они могут повреждать полимерную матрицу и, особенно, армирующие волокна, снижая прочность конструкции. Предпочтение отдается нейтральным пенящимся очистителям [5].

4. Экономические аспекты и доступность

Стоимость изготовления протезов напрямую зависит от выбранного материала и технологии производства.

Традиционный ПММА остается наиболее экономически доступным вариантом. Технология литьевого прессования не требует дорогостоящего оборудования, что делает протезы из акрила массово доступными.

Модифицированные акрилы и полиамиды занимают среднюю ценовую нишу. Повышение стоимости обусловлено более сложным составом и, в случае с полиамидами, необходимостью специального литьевого оборудования.

Протезы из PEEK/PEKK, изготавливаемые методом фрезеровки на станках CAD/CAM, являются наиболее дорогостоящими. Высокая цена складывается из стоимости самого материала в форме промышленных дисков и амортизации высокоточного оборудования. Однако эта цена компенсируется исключительной долговечностью, биосовместимостью и возможностью создания более тонких и комфортных конструкций, что может быть критичным для определенных групп пациентов.

5. Влияние технологий производства (CAD/CAM и 3D-печать) на свойства полимеров

Способ изготовления протеза оказывает значительное влияние на конечные свойства материала.

Фрезеровка (CAD/CAM): Изготовление протезов из промышленно произведенных дисков PEEK/PEKK гарантирует максимальную плотность, гомогенность и отсутствие внутренних напряжений и пор. Это обеспечивает наилучшие механические свойства и биосовместимость.

Литье под давлением: Применяется для полиамидов и некоторых акрилов. Качество протеза сильно зависит от соблюдения режимов литья. Ошибки могут привести к возникновению внутренних напряжений и деформаций.

3D-печать (аддитивные технологии): Активно развивающееся направление для изготовления протезов из фотополимерных смол. Позволяет создавать сложные индивидуальные формы с высокой точностью и минимальным расходом материала. Однако механические свойства печатных полимеров и их долгосрочная стабильность требуют дальнейших клинических исследований, хотя для временных конструкций и некоторых типов базисов они уже широко применяются [5].

Перспективы развития

С развитием материаловедения и цифровых технологий можно ожидать:

1. Появления новых биосовместимых материалов с улучшенными характеристиками, например, полимеров с антимикробными свойствами, включающих наночастицы серебра или других биоактивных компонентов.
2. Более широкого внедрения искусственного интеллекта для проектирования и моделирования протезов, оптимизации их топологии для максимальной прочности при минимальном весе.
3. Усиления роли персонализированной стоматологии, включая использование 3D-печати для изготовления уникальных конструкций под каждого пациента с учетом биомеханики его жевательного аппарата.
4. Разработка протезов с интеграцией сенсорных элементов, позволяющих отслеживать состояние полости рта в реальном времени, а также материалов, способных к самовосстановлению при появлении микротрещин.

Таблица 1. Сравнительная характеристика полимеров для съемных протезов.

Свойство	**Традиционный ПММА**	**PEEK/PEKK**	**Термопластич. полиамиды**	**Армир./Нано-ПММА**
Прочность на излом	Низкая	Очень высокая	Высокая (гибкая)	Умеренно-высокая
Абразивная износостойкость	Низкая	Очень высокая	Средняя	Высокая
Гипоаллергенность	Низкая (мономер)	Очень высокая	Очень высокая	Средняя (улучшена)

Водопоглощение	Высокое (~2%)	Очень низкое (<0.1%)	Среднее	Умеренное
Адгезия микроорганизмов	Высокая	Очень низкая	Средняя	Умеренная
Обрабатываемость	Легкая (литье)	CAD/CAM (фрезеровка)	Литье, термоформование	Легкая (литье)
Стабильность цвета	Удовлетворительная	Отличная	Средняя (склонность к пигментации)	Хорошая
Относительная стоимость	Низкая	Очень высокая	Средняя	Средняя/Высокая

Заключение

Полимеры нового поколения открывают новые горизонты в съемном протезировании, предлагая решения, превосходящие традиционный ПММА по ключевым эксплуатационным параметрам. PEEK и PEKK являются лидерами по износостойкости и биосовместимости, что делает их перспективными для изготовления прочных, безопасных и долговечных конструкций, включая бюгельные протезы с кламмерами и телескопическими коронками. Модифицированные акриловые смолы представляют собой эволюционное развитие классики, улучшая ее недостатки.

Выбор материала должен быть индивидуальным, основанным на клинической ситуации, функциональных нагрузках и особенностях пациента. Важным аспектом является информирование пациента о специфике ухода за протезом из нового материала, что напрямую влияет на его долговечность и гигиеническое состояние полости рта. Дальнейшие исследования должны быть направлены на долгосрочные клинические наблюдения и оптимизацию методов фиксации и ремонта этих высокотехнологичных полимеров.

Список литературы:

1. Иорданишвили А.К., Керимханов К.А. Съемные зубные протезы: пути улучшения пользования, Издательство Человек, 2022, с.22

2. Машков А.В., Шемонаев В.И., Лашакова А.В., Гаценко С.М. Цельнокерамические несъемные зубные протезы, Издательство: Волгоградский государственный медицинский университет, 2022, с.71-75

3. Киртаев А.В., Петухов Д.И., Цыганов В.П. Сравнительная характеристика пластмасс в ортопедической стоматологии. // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке» №2. -2011. -том 13. -С. 288

4. Brown S. et al. Advances in Dental Ceramics and CAD/CAM Technology // International Journal of Prosthodontics. – 2022. – Vol. 35, No.5.– P. 205–215.

УДК 796:616.71-007.234

Голубцова А. А., Фомина А. П., Прокудин А. М.
Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Россия

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ОСТЕОПОРОЗА: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАЖНЕНИЙ И ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Аннотация: остеопороз является одним из наиболее распространённых заболеваний опорно-двигательной системы, характеризующимся снижением минеральной плотности костной ткани и повышением риска переломов. Актуальность исследования обусловлена не только высокой распространённостью заболевания среди лиц пожилого возраста, но и тенденцией к увеличению частоты выявления нарушений костной ткани среди лиц молодого возраста, включая детей и подростков, что делает проблему профилактики особенно значимой. Одним из ключевых факторов предупреждения развития остеопороза является достаточный уровень физической активности. В статье рассматриваются эффективные упражнения и физические нагрузки, способствующие укреплению костной ткани и предупреждению развития заболевания. Исследование основано на анализе научной литературы, методических источников и современных данных о влиянии различных видов физической активности на состояние костной ткани. В работе проведено обобщение результатов исследований, посвящённых профилактике остеопороза средствами физической культуры.

Ключевые слова: остеопороз; профилактика остеопороза; физическая культура; силовые упражнения; физические упражнения; костная система; опорно-двигательная система.

Остеопороз является одним из наиболее распространённых заболеваний опорно-двигательной системы, характеризующимся снижением минеральной плотности костной ткани и повышением риска переломов. По данным современных исследований, остеопороз представляет собой значимую медико-социальную проблему, поскольку приводит к снижению качества жизни, ограничению физической активности и повышению уровня инвалидизации населения.

Традиционно остеопороз рассматривался как заболевание, преимущественно характерное для лиц пожилого возраста. Однако в последние годы наблюдается тенденция к увеличению частоты выявления снижения минеральной плотности костной ткани у лиц молодого возраста, включая подростков и детей. Это во многом связано с малоподвижным образом жизни, недостаточным уровнем физической активности, несбалансированным питанием и другими неблагоприятными факторами.

Одним из важнейших направлений профилактики остеопороза является формирование и поддержание достаточного уровня физической активности. Физическая культура способствует укреплению костной ткани, стимулирует процессы костеобразования, повышает мышечную силу и улучшает

координацию движений. Регулярные физические упражнения позволяют замедлить процессы снижения минеральной плотности костей и снизить риск травм и переломов.

В связи с этим особую актуальность приобретает изучение роли физической культуры в профилактике остеопороза, а также определение наиболее эффективных видов физических упражнений и нагрузок, способствующих укреплению костной системы.

Остеопороз – это системное метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы и микроструктурной перестройкой костной ткани, приводящих к повышенной хрупкости и ломкости костей. Согласно определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), остеопороз представляет собой системное заболевание скелета, сопровождающееся уменьшением костной массы и ухудшением структуры костной ткани.

Основу костной ткани составляет соединительная ткань с высокой степенью минерализации межклеточного вещества, главным образом кальцием и фосфором. В норме в организме человека постоянно происходит процесс обновления костной ткани, называемый ремоделированием, который включает два взаимосвязанных этапа: разрушение старой костной ткани клетками-остеокластами и образование новой — клетками-остеобластами. При остеопорозе нарушается баланс между резорбцией и формированием костной ткани, в результате чего процессы разрушения преобладают над процессами её образования, что приводит к снижению минеральной плотности костной ткани и ухудшению её прочностных характеристик.

Развитие остеопороза связано с множеством факторов, включая возрастные изменения, гормональные нарушения, недостаточное поступление кальция и витамина D, малоподвижный образ жизни и наследственную предрасположенность. Существенную роль играет снижение физической активности, поскольку механическая нагрузка является важным стимулом для поддержания нормального обмена в костной ткани. Наиболее часто заболевание выявляется у женщин в постменопаузальном периоде, что связано со снижением уровня эстрогенов, однако остеопороз может развиваться и у мужчин, а также всё чаще диагностируется у лиц молодого возраста. В последние годы отмечается рост случаев снижения минеральной плотности костной ткани среди детей, подростков и молодых людей, что связывают с гиподинамией, нарушениями питания и недостатком физической активности [3, 5].

По данным Клинических рекомендаций РФ 2025 г., в России среди лиц в возрасте 50 лет и старше остеопороз выявляется у 34% женщин и 27% мужчин, а частота заболевания увеличивается с возрастом. В целом, около 14 млн человек страдают остеопорозом, и ещё 20 млн имеют снижение минеральной плотности костной ткани. Среди детей и подростков 5–18 лет сниженные показатели минеральной плотности костной ткани выявлены у 38–

43%, остеопороз — у 5–11% подростков, причём у детей с переломами трубчатых костей снижение минеральной плотности диагностировано в 41–45% случаев, остеопороз — в 6–7%, при сколиозе — у 11,9%, а при грубой деформации позвоночника — у 70% пациентов. Основными факторами риска у детей являются быстрые темпы роста в сочетании с дефицитом кальция и витамина D, что связано с современным качеством питания: 75% детей России испытывают дефицит кальция, у 30–40% выявлена недостаточность витамина D [1, 3].

Факторы риска развития остеопороза у детей и подростков можно подразделить на несколько групп:

1. Генетические и антропометрические: периоды активного роста, низкая костная масса при рождении (ЗВУР, недоношенность, преэклампсия во время беременности), дефицит кальция и витамина D у матери, семейная предрасположенность к остеопорозу, женский пол, этническая принадлежность, дефицит массы тела.

2. Гормональные: заболевания эндокринной системы (соматотропная недостаточность, синдром Иценко–Кушинга, сахарный диабет, гиперпаратиреоз, гипогонадизм, заболевания щитовидной железы), позднее начало менструаций, аменорея, нарушения менструального цикла, дефицит витамина D.

3. Факторы внешней среды: вредные привычки (курение, алкоголь, избыток кофеина), питание с низким поступлением кальция, витамина D, белка и других микроэлементов, малоподвижный образ жизни (гиподинамия, иммобилизация), интенсивные (чрезмерные) физические нагрузки (спорт).

4. Хронические соматические заболевания: патология ЖКТ (синдром мальабсорбции, нарушение функции печени), хроническая патология почек и почечная недостаточность, ревматические заболевания, хронические болезни легких, лейкозы, лимфомы, миеломная болезнь.

5. Ятрогенные факторы: длительная терапия (более 3 месяцев) глюкокортикостероидами, антиконвульсантами, цитостатиками, антацидами с алюминием, ингибиторами протонной помпы, фуросемидом, гепарином, тироксином.

6. Перенесенный в раннем детском возрасте витамин-D-дефицитный рахит.

Критическими периодами развития остеопороза у без сопутствующей соматической патологии являются: 5–6 лет — для обоих полов, 11–12 лет — для девочек, 13–15 лет — для мальчиков. В эти возрастные периоды отмечается максимальное число переломов, что подчёркивает необходимость ранней профилактики и контроля минеральной плотности костной ткани [3].

Профилактика остеопороза направлена на предупреждение снижения минеральной плотности костной ткани, сохранение прочности скелета и снижение риска переломов. В научной и клинической практике выделяют два основных вида профилактики: первичную и вторичную.

Първична профилактика направлена на предупреждение развития заболевания у здоровых людей и включает мероприятия, способствующие оптимальному формированию и поддержанию костной массы. Основными направлениями первичной профилактики являются рациональное питание с достаточным поступлением кальция, витамина D и белка, поддержание нормального веса, отказ от вредных привычек (курение, злоупотребление алкоголем, избыток кофеина) и регулярная физическая активность. Особенно важна первичная профилактика у детей, подростков и молодых людей, так как именно в период активного роста формируется до 90% пиковой костной массы.

Вторичная профилактика направлена на замедление прогрессирования остеопороза у лиц с уже выявленным снижением минеральной плотности костной ткани или переломами. Она включает контроль диеты и микронутриентов, фармакотерапию (при необходимости), а также корректировку образа жизни с целью увеличения физической активности, укрепления мышечного корсета и профилактики падений.

Особую роль в профилактике остеопороза играет образ жизни, который определяет динамику костного ремоделирования. Регулярные физические нагрузки стимулируют процессы костеобразования, повышают минеральную плотность кости, улучшают мышечную силу и координацию движений, что снижает риск травм. Наиболее эффективными считаются: силовые упражнения, упражнения с собственным весом, аэробные нагрузки, упражнения на равновесие и координацию, а также специально разработанные комплексы лечебной физкультуры [2].

Физическая активность является одним из ключевых факторов поддержания здоровья костной системы и профилактики остеопороза. Механическая нагрузка, возникающая при физических упражнениях, стимулирует костное ремоделирование и повышает минеральную плотность костей.

Основной механизм укрепления костей при физических нагрузках заключается в механостимуляции остеобластов — клеток, которые, главным образом, участвуют в формировании костной ткани. Под воздействием нагрузок на кость активируется выработка биохимических сигналов, стимулирующих костеобразование, и подавляется деятельность остеокластов, разрушающих костную ткань. Таким образом, нагрузка способствует восстановлению баланса между резорбцией и формированием костной ткани, что особенно важно при профилактике остеопороза.

Физические упражнения оказывают влияние не только на минеральную плотность костной ткани, но и на её структурную организацию. Упражнения с сопротивлением и весовые нагрузки способствуют укреплению трабекулярной сетки, повышению толщины костных балок и улучшению связей между ними, что увеличивает прочность кости и снижает риск переломов даже при сниженной минерализации.

Кроме того, регулярная физическая активность укрепляет мышечный корсет и улучшает координацию движений, что снижает риск падений — одного из основных факторов переломов при остеопорозе. Аэробные нагрузки, упражнения на равновесие и силовые тренировки оказывают комбинированный эффект: укрепляют кость, повышают мышечную силу и улучшают функциональные показатели опорно-двигательного аппарата [4].

Эффективная профилактика остеопороза невозможна без регулярной физической активности, включающей различные виды упражнений, способствующих укреплению костной ткани и поддержанию её прочностных характеристик. В зависимости от цели и физиологического эффекта выделяют несколько основных типов нагрузок:

1. Силовые упражнения.

Силовые тренировки с использованием гантелей, резиновых жгутов создают значительные механические нагрузки на кости, что активирует процессы образования новой костной ткани. В местах прикрепления мышц к костям возникают локальные напряжения, стимулирующие остеобласты к более интенсивной работе и ускоренному формированию костной ткани. Регулярные занятия способствуют накоплению в костях минеральных веществ — кальция и фосфора, что повышает их прочность.

Многие исследования показывают, что силовые тренировки эффективно укрепляют костную ткань: у людей, регулярно занимающихся с отягощениями, повышается минеральная плотность костей. Наиболее эффективны комплексные программы с базовыми упражнениями — приседания, становая тяга, жимы лёжа и стоя.

Для достижения максимального эффекта силовые тренировки должны строиться по определённым принципам: начинать с умеренных нагрузок и постепенно их увеличивать, включать упражнения на разные части скелета — позвоночник, тазобедренные суставы, руки и ноги [7].

Кроме прямого воздействия на кости, силовые упражнения укрепляют мышцы спины и живота, обеспечивают дополнительную защиту для скелета и снижают риск травм при падениях, улучшая координацию и равновесие, что особенно важно для пожилых людей.

2. Упражнения с собственным весом.

Упражнения с собственным весом (приседания, выпады, отжимания, планка, прыжки) создают умеренные, но эффективные нагрузки на кости и суставы. Под действием нагрузки стимулируется работа остеобластов, формируется новая костная ткань, повышается минеральная плотность костей. Такие упражнения безопасны и доступны для разных возрастных групп, включая детей, подростков и пожилых людей [7]. Регулярные тренировки с собственным весом укрепляют мышцы, что повышает стабильность позвоночника и крупных суставов, улучшает координацию и снижает риск падений. Программы упражнений должны включать разнообразные упражнения, задействующие все основные группы мышц.

3. Аэробные нагрузки.

Аэробные упражнения (ходьба, бег, скандинавская ходьба, плавание, велотренировки) оказывают комплексное влияние на костную ткань [7]. Они улучшают кровообращение, обеспечивая костям необходимое питание и кислород, стимулируют метаболизм и поддерживают нормальный обмен минералов, включая кальций и фосфор. Аэробные нагрузки также укрепляют сердечно-сосудистую систему и повышают выносливость мышц, что улучшает общую стабильность тела и снижает риск падений.

4. Упражнения на равновесие и координацию.

Упражнения, направленные на улучшение равновесия и координации (йога, пилатес, балансировочные тренировки), снижают риск падений и травм, которые являются основной причиной переломов при остеопорозе. Они помогают развивать стабилизирующие мышцы спины и живота, укреплять мелкие мышцы, поддерживающие суставы, и улучшать осанку. Особенно важны для пожилых людей и пациентов с уже выявленным снижением минеральной плотности костей [7]. Регулярные занятия способствуют не только профилактике травм, но и поддержанию функциональной подвижности всего опорно-двигательного аппарата.

5. Лечебная физическая культура (ЛФК).

ЛФК представляет собой специально разработанные комплексы упражнений с учётом возраста, состояния здоровья и уровня риска остеопороза. Комплексные программы ЛФК объединяют силовые, аэробные и координационные упражнения, что обеспечивает максимальное укрепляющее воздействие на костную ткань. ЛФК способствует повышению минеральной плотности костей, улучшению мышечного тонуса и подвижности суставов, укреплению равновесия и снижению риска падений. Кроме того, систематические занятия ЛФК помогают корректировать осанку, уменьшать болевой синдром и поддерживать функциональные возможности организма, что особенно важно для пожилых людей и пациентов с уже диагностированным остеопорозом.

Эффективная профилактика остеопороза требует сочетания разных типов нагрузок. Комплекс должен включать:

Силовые упражнения — приседания, выпады, жимы, упражнения с отягощениями для укрепления костной ткани и мышечного корсета. Упражнения с собственным весом — планка, отжимания, приседания, прыжки, способствующие укреплению суставов и стимуляции костеобразования. Аэробные нагрузки — ходьба, бег, плавание, велотренировки для улучшения кровообращения и метаболической активности костной ткани. Упражнения на равновесие и координацию — йога, пилатес, балансировочные упражнения для снижения риска падений и травм. Лечебная физическая культура (ЛФК) — комплексные программы, учитывающие возраст, состояние здоровья и уровень риска остеопороза, объединяющие силовые, аэробные и координационные нагрузки.

Частота занятий: силовые и упражнения с собственным весом — 2–3 раза в неделю; аэробные нагрузки — 3–5 раз в неделю; упражнения на равновесие и координацию — 2–3 раза в неделю. Продолжительность: 20–40 минут для аэробной нагрузки, 15–30 минут для силовых упражнений. Интенсивность: начинать с умеренных нагрузок, постепенно увеличивая вес, амплитуду и сложность упражнений. Индивидуализация программы: учитывать возраст, пол, уровень физической подготовки, хронические заболевания и цели тренировок [6]. Регулярность: систематические занятия важнее высокой интенсивности; лучше тренироваться стабильно несколько раз в неделю, чем разово с большой нагрузкой.

Перед занятиями рекомендуется разминка для подготовки мышц и суставов. Упражнения выполнять с правильной техникой, избегая резких движений и чрезмерной амплитуды. Для пожилых людей и лиц с хроническими заболеваниями нагрузка должна быть умеренной. Избегать перегрузки суставов и позвоночника, особенно при выполнении силовых упражнений с отягощениями. При наличии болевого синдрома, острых травм или заболеваний опорно-двигательного аппарата занятия необходима консультация врача. Обеспечить достаточный отдых между тренировками и сочетать физическую активность с полноценным питанием и поступлением кальция и витамина D.

В ходе исследования было проанализировано значение физической культуры и различных видов физических упражнений для профилактики остеопороза у различных возрастных групп. Выявлено, что регулярная физическая активность является эффективным фактором укрепления костной ткани, повышения минеральной плотности костей, улучшения структуры ткани и уменьшения риска переломов. Силовые упражнения, упражнения с собственным весом, аэробные нагрузки, упражнения на равновесие и координацию, а также лечебная физическая культура оказывают комплексное положительное влияние на костную систему, способствуя не только укреплению костей, но и развитию мышечного корсета, улучшению координации движений и снижению риска падений.

Научно-практическая значимость работы заключается в систематизации данных о роли физической активности в профилактике остеопороза, обосновании выбора конкретных видов нагрузок и разработке практических рекомендаций по организации тренировочного процесса. Полученные результаты могут быть использованы в образовательных и оздоровительных программах, медицинских и спортивных учреждениях для предупреждения развития остеопороза, как у детей и подростков, так и у взрослых и пожилых людей.

Физическая культура рассматривается как доступное, безопасное и научно обоснованное средство профилактики остеопороза, способное повысить качество жизни и снизить риск возникновения костно-суставных осложнений в различных возрастных группах.

Список литературы:

1. Электронный // Остеопороз. Клинические рекомендации РФ 2025 (Россия): [сайт]. — URL: https://diseases.medelement.com/disease/остеопороз-кр-рф-2025/19116 (дата обращения: 12.03.2026).
2. Лудан, В. В. Профилактика остеопороза / В.В. Лудан, Л.В. Польская. // Таврический медико-биологический вестник. — 2020. — № том 23, номер 4. — С. 2-5.
3. Таранушенко, Т.Е. Остеопороз в детском возрасте: особенности минерализации скелета у детей, профилактика и лечение. / Т. Е. Таранушенко, Н. Г. Киселева. // Медицинский Совет. — 2020. — № 10. — С. 164-171.
4. Поваров, М. К. Влияние силовых тренировок на укрепление костной ткани и профилактику остеопороза / М. К. Поваров // Молодой ученый. — 2025. — № 44 (595).
5. Мкртумян, А.М. Остеопороз как важнейшая проблема современного здравоохранения. Стронция ранелат (бивалос) -инновационный препарат для лечения постменопаузального остеопороза и остеопороза у мужчин / А. М. Мкртумян, А. Бычков. // Эффективная фармакотерапия. — 2011. — № 51. — С. 22-29.
6. Иосько, Н.В. Особенности организации занятий адаптивной физической культурой для пожилых людей с остеопорозом / Иосько, Н.В. // АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ: ПРОБЛЕМЫ, ИННОВАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, 2025. — С. 84-89.
7. Монгуш, В. В. Современные стратегии профилактики остеопороза средствами физической культуры: эффективность и практическая реализация / В. В. Монгуш // Актуальные вопросы науки 2025 сборник статей XI Международной научно-практической конференции.. — Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. — С. 187-190.

УДК 614.8:616-001

Толмачёва О. А., Воробьёв А. В., Фролов В. К.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА СРЕДИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕРЫ ЕГО ПРОФИЛАКТИКИ

Аннотация. В данной статье проведен анализ 5850 случаев травматизма среди взрослого населения Тульской области, которые были зарегистрированы в течение календарного 2023 года. Из числа всех травмированных мужчины составляли 52.8%, женщины – 47.2%. Из четырёх изученных видов травматизма наиболее частыми были бытовой (28.6%) и уличный - (28.0%). Травмы, связанные с дорожно-транспортными происшествиями (в том числе со средствами индивидуальной мобильности) занимали третью позицию (25.7%), производственный травматизм - четвёртую (17.7%). Среди мужчин наиболее часто регистрировался уличный травматизм (15.8%), а среди женщин - бытовой (16.9%). В возрастном плане травмы чаще всего отмечены среди лиц 29-39 лет (30.7%) и 40-58 лет (26.5%), т.е. более половины всех случаев. В молодом возрасте (18-28 лет) травмы зарегистрированы у 23.3%, в возрастной группе 59-88 лет – в 19.5%. Обсуждаются направления профилактики травматизма в зависимости от его вида.

Ключевые слова: травматизм производственный, травматизм бытовой, травматизм уличный, травматизм дорожно-транспортный, возраст, пол, профилактика.

Введение. Травматизм занимает второе место в статистике общей заболеваемости населения Российской Федерации, уступая только болезням органов дыхания. В 2022-2023 гг. в стране было зарегистрировано 85.58 - 87.20 случаев травматизма на 1000 населения [1, 150-151]. В Тульской области показатели травматизма за аналогичный период были ниже (55.2-55.7 на 1000 населения), но они также занимали «почётное» второе место в структуре заболеваемости взрослого населения [2, Электронный ресурс; 3,с.78-79]. Анализ видов и частоты травм в разрезе возрастных и половых характеристик населения может быть основой для планирования соответствующей медицинской помощи пострадавшим и разработки эффективных профилактических мероприятий.

Цель исследования: изучение структуры травматизма среди взрослого населения Тульской области, распределение его видов по полу и возрасту пострадавших и определение мер профилактики травматизма в зависимости от его вида.

Материалы и методы исследования. Материалами исследования служили официальные медицинские документы-«Карты вызова скорой медицинской помощи N N 110/у». Эти карты были проанализированы за весь 2023 год. Обезличенные данные из карт вносились в таблицу.

Подсчитывалась частота случаев травм и распределение пострадавших с учётом их возраста и пола по 4 видам травматизма: производственный, бытовой, уличный, дорожно-транспортный [4, с.102-168].

Результаты и обсуждение. В нижеследующей таблице 1 представлены статистические данные о распределении производственного, бытового, уличного и дорожно-транспортного травматизма среди взрослого населения Тульской области в зависимости от пола и возраста.

Таблица 1. Характеристика различных видов травматизма среди взрослого населения Тульской области в 2023 г в зависимости от возраста и пола.

Возраст (годы) и пол пострадавших (М,Ж)	**Всего пострадавших: абсолютное количество (%)**	**Пострадавших по указанным видам травматизма абс.(%):**			
		производственный	**бытовой**	**уличный**	**дорожно-транспортный**
1	2	3	4	5	6
18-28 М **лет** Ж	842(14.4%) 519 (8.9%)	216(3.7%) 21(0.4%)	166(2.8%) 248(4.2%)	184(3.1%) 106(1.8%)	276(4.7%) 144(2.5%)
оба пола	*1361(23.3%)*	*237(4.1%)*	*414 (7.0%)*	*290(4.9%)*	*420(7.2%)*
29-39 М **лет** Ж	1010(17.3%) 786(13.4%)	208(3.6%) 101(1.7%)	267(4.6%) 165(2.8%)	304(5.2%) 232 (4.0%)	231(3.9%) 288 (4.9%)
оба пола	*1796(30.7%)*	*309(5.3%)*	*432(7.4%)*	*536(9.2%)*	*519(8.8%)*
40-58 М **лет** Ж	787(13.5%) 764(13.0%)	196(3.4%) 176 (3.0%)	131 (2.2%) 249(4.3%	287(4.9%) 148 (2.5%)	173 (3.0%) 191 (3.2%)
оба пола	*1551(26.5%)*	*372(6.4%)*	*380(6.5)*	*435(7.4%)*	*364(6.2%)*
59-88 М **лет** Ж	451(7.7%) 691(11.8%)	69 (1.2%) 49 (0.8%)	125(2.1%) 324(5.6%)	151(2.6%) 225(3.8%)	106 (1.8%) 93 (1.6%)
оба пола	*1142(19.5%)*	*118(2.0%)*	*449(7.7%)*	*376(6.4%)*	*199(3.4%)*
Всего М Ж	3090 (52.8%) 2760 (47.2%)	689(11.8%) 347 (5.9%)	689 11.8%) 986(16.9%)	926(15.8%) 711(12.2%)	786 13.4%) 716 12.2%)
Всего: оба пола	5850(100%)	1036(17.7%)	1675(28.6%)	1637(28.0%)	1502(25.7%)

Из столбца 2 в предпоследней строке таблицы 1 видно, что из 5850 проанализированных случаев травматизма мужчины составляли 52.8%, женщины – 47.2%.

Из итоговой строки таблицы 1 следует, что из четырёх видов травматизма наиболее частыми были бытовой (28.6%) и уличный - (28.0%). Травмы, связанные с дорожно-транспортными происшествиями (в том числе со средствами индивидуальной мобильности) занимали третью позицию (25.7%), производственный травматизм - четвёртую (17.7%).

Среди мужчин наиболее часто регистрировался уличный травматизм (15.8%), а среди женщин - бытовой (16.9%).

Възрастна характеристика пострадавших (столбец 2 таблицы 1):

- травмы чаще всего отмечены среди лиц 29-39 лет (30.7%) и 40-58 лет (26.5%), т.е. более половины всех случаев;
- в молодом возрасте (18-28 лет) травмы зарегистрированы у 23.3%;
- в возрастной группе 59-88 лет – в 19.5%.

Ниже обобщены данные по видам травматизма и предложения по их профилактике.

Производственный травматизм (3-й столбец таблицы 1).

Данный вид травматизма регистрировался среди мужчин - в 2 раза чаще, чем среди женщин: 11,8% против 5,8%, что может быть обусловлено тем, что мужчины чаще привлекаются к опасным производственным процессам и профессиям. К этим же видам деятельности и профессиям привлекаются наиболее опытные лица в возрасте 29-58 лет, среди которых частоте травмирования 5.3%-6.4% в сравнении с работниками 18-28 лет и 59 лет и старше с частотой травмирования соответственно 4.1% и 2.0%.

Направление мер профилактики.

Необходимо определить наиболее травмоопасные предприятия и наиболее травмоопасные технологии, определенить типичные травмоопасные места и время суток. Важна разработка конкретных регламентов общей и индивидуальной профилактики.

Бытовые травмы (4-й столбец таблицы 1).

Бытовые травмы отмечались среди женщин почти в 1,5 раза больше, чем среди мужчин (16.9% против 11.8%), так как быт – это женская прерогатива. В возрастном плане этот вид травматизма регистрировался без значительных колебаний:6.5%-7.7%.

Направление мер профилактики.

Классификация бытовых травм. Разработка конкретных рекомендаций по профилактике типичных травм. Санитарно-просветительская работа среди населения через радио, телевидение, интернет.

Уличный травматизм (5-й столбец таблицы 1).

Травмы, полученные вне производства и вне места проживания, регистрируются как уличные. Эти травмы регистрировались чаще у мужчин (15.8%), чем у женщин (12.2%). Данное обстоятельство, по-видимому, связано с тем, что мужчины определённую часть досуга проводят вне дома, что связано с повышенной опасностью травматизма. Женщины вне дома в большинстве случаев решают хозяйственные дела, заняты сопровождением детей в дошкольные учреждения, сопровождением детей в начальные классы школ, а также встречей их из этих учреждений. При этом женщины проявляют повышенное внимание к безопасности детей и своей личной безоопасности. Находясь в общественных местах, женщины ведут себя также более осторожно, чем мужчины.

В группе уличного травматизма чаще всего были лица в возрасте 29-39 лет (9.2%), то есть как наиболее подвижная часть населения в сравнении с остальными возрастными группами (4.9-7.4%).

Направление мер профилактики.

Регистрация наиболее травмоопасных мест на территориях проживания и перемещения пешеходов, расстановка предупреждающих знаков, светофоров и голосовых сигналов (предупреждений), санитарно-просветительская работа среди населения.

Дорожно-транспортный травматизм (6-й столбец таблицы 1).

Этот вид травматизма среди мужчин и женщин регистрировался примерно в равной мере (13.4% и 12.2% соответственно).

В настоящее время значительная часть женщин водит личный автотранспорт. В молодом возрасте многие из них используют средства индивидуальной мобильности. Поэтому частота данного вида травматизма у обоих полов примерно одинаковая.

Преобладали среди травмированных в дорожно-транспортных происшествиях лица в возрасте 18-28 лет (7.2%) и 29-39 лет (8.8%), то есть те, которые наиболее часто используют личный транспорт, в том числе и средства индивидуальной мобильности. Лиц старших возрастных групп

(более 58-88 лет) среди травмированных было 3.4%, из них мужчин-1.8%; женщин-1.6%.

Направление мер профилактики.

Профилактика дорожно-транспортного травматизма является общецивилизационной проблемой, решение которой проводится в трёх направлениях: дороги, транспортные средства (грузовой, пассажирский транспорт), люди в транспорте (водители, пассажиры).

1. *Дороги.*Разработка и строительство наиболее безопасных схем движения транспорта. Совершенствование и контроль за состоянием дорог. Определение наиболее опасных участков движения транспортных средств. Установка предупреждающих знаков.

2. *Транспортные средства.* Контроль за техническим состоянием транспортных средств. Контроль за креплением перевозимых грузов. Внедрение автопилотируемого транспорта. Особое внимание за техническим состоянием пассажирского транспорта.

3. *Люди в транспорте: водители, пассажиры.*

Водители. При подготовке водителей на курсах - акцент на профилактику дорожно-транспортных происшествий, разбор типичных случаев. Контроль за состоянием здоровья водителей на государственных и частных предприятиях. Самоконтроль за состоянием здоровья владельцев личного автотранспорта. Санитарно-просветительская работа среди владельцев индивидуального автотранспорта. Решение проблем с владельцами и пользователями средств индивидуально мобильности.

Относительно последних, в виду их многогранности требуется отдельное обсуждение.

Пассажиры. Пассажиры в общественном транспорте должны внимательно слушать объявления водителя. Не входить и не выходить из транспорта при начале его движения и во время движения. Быть терпимыми друг другу. В случае аварии помогать пострадавшим, вызвать службу спасения 112. В индивидуальном транспорте всегда пристёгиваться ремнями безопасности, слушать команды водителя, следить за дорогой, быть внимательными к знакам дорожного движения. В случае аварии помогать пострадавшим, вызвать службу спасения 112.

Заключение

Проведен анализ 5850 случаев травматизма среди взрослого населения Тульской области, которые были зарегистрированы в течение календарного 2023 года. Установлено, что из числа зарегистрированных случаев травматизма мужчины составляли 52.8%, женщины – 47.2%. Из четырёх изученных видов травматизма наиболее частыми были бытовой (28.6%) и уличный - (28.0%). Травмы, связанные с дорожно-транспортными происшествиями (в том числе со средствами индивидуальной мобильности) занимали третью позицию (25.7%), производственный травматизм четвёртую (17.7%). Среди мужчин наиболее часто регистрировался уличный травматизм (15.8%), а среди женщин - бытовой (16.9%). В возрастном плане травмы чаще всего отмечены среди лиц 29-39 лет (30.7%) и 40-58 лет (26.5%), т.е. более половины всех случаев. В молодом возрасте (18-28 лет) травмы зарегистрированы у 23.3%, в возрастной группе 59-88 лет – в 19.5%. Обсуждаются направления профилактики по каждому виду травматизма.

Список литературы:

1. Миронов С.П., Еськин Н.А., Андреева Т.М., Огрызко Е.В., Шелепова Е.А. Динамика травматизма среди взрослого населения Российской Федерации. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2019;3: с.150-151.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2024 году: Государственный доклад. — Тула: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области, 2025. — Электронный ресурс. Режим доступа: https://71.rospotrebnadzor.ru/center/.

(Дата обращения 07.03.2026).

3. Тульский статистический ежегодник. 2024: Статистический сборник/Туластат. - Тула, 2025 – 219, с.78-79.

4. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения [Текст] : учебное пособие : учебник для студентов медицинских вузов / [В. З. Кучеренко и др.] ; под ред. В. З. Кучеренко. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 245 с. : табл.; 21 см.; ISBN 978-5-9704-1915-1

5. Фаттахов Тимур Асфанович Дорожно-транспортный травматизм в России и его факторы // Социальные аспекты здоровья населения. 2015. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhno-transportnyy-travmatizm-v-rossii-i-ego-faktory

УДК 617.3

Бокова А.О., Коновалова М.В., Хакимуллин Т.Ф.

Научный руководитель: Цыганов Валерий Петрович,
ассистент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии
ФБГОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова»,
Чебоксары, Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИРКОНИЕВЫХ И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРОНОК

Аннотация: В статье представлен аналитический обзор и сравнительная оценка циркониевых и металлокерамических коронок, применяемых в ортопедической стоматологии. Рассмотрены особенности их структуры, физико-механические характеристики, эстетические свойства и степень биосовместимости [2, с. 45; 4; 7, с. 112]. Проведён анализ клинических преимуществ и ограничений каждого типа конструкций. Установлено, что циркониевые коронки обеспечивают более высокий уровень эстетики и биологической совместимости, в то время как металлокерамические изделия остаются широко востребованными благодаря своей прочности и доступности. [3; 4; 7, с. 112]

Ключевые слова: ортопедическая стоматология, зубные коронки, цирконий, металлокерамика, протезирование, CAD/CAM. [2, с. 45; 4; 6; 8, с. 90]

Введение. Современная ортопедическая стоматология ориентирована на восстановление не только функциональной активности зубочелюстной системы, но и её эстетических характеристик [2, с. 45]. Существенное место в структуре ортопедического лечения занимает применение искусственных коронок, позволяющих эффективно компенсировать дефекты твёрдых тканей зуба. Наиболее распространёнными вариантами являются металлокерамические и циркониевые коронки. Несмотря на длительное доминирование металлокерамических конструкций, развитие цифровых технологий и материаловедения обусловило активное внедрение циркония в клиническую практику [1; 2, с. 45; 4; 7, с. 112]. В последние десятилетия наблюдается стремительное развитие стоматологических материалов и технологий, что обусловлено ростом требований пациентов к качеству и эстетике лечения. Современная ортопедическая стоматология ориентируется не только на восстановление жевательной функции, но и на достижение максимально естественного внешнего вида зубных рядов [1; 2, с. 45; 5]. Это связано с повышением уровня информированности пациентов и их стремлением к улучшению качества жизни. Особую роль в развитии протезирования играет внедрение цифровых технологий [8, с. 90]. Применение систем автоматизированного проектирования и изготовления (CAD/CAM) позволило существенно повысить точность ортопедических конструкций, сократить сроки лечения и минимизировать вероятность

ошибок. В связи с этим циркониевые коронки получили широкое распространение как один из наиболее перспективных видов безметалловых реставраций. Необходимо отметить, что выбор материала для изготовления коронки является важным этапом планирования ортопедического лечения [1; 2, с. 45; 4; 5; 6]. Он зависит от множества факторов, включая клиническую ситуацию, анатомические особенности зубочелюстной системы, функциональную нагрузку, а также эстетические требования пациента. Врач-стоматолог должен учитывать не только свойства материала, но и прогнозируемые результаты лечения в долгосрочной перспективе [1]. Кроме того, актуальной проблемой современной стоматологии является обеспечение биосовместимости применяемых материалов. Реакция тканей полости рта на ортопедические конструкции может существенно влиять на исход лечения [1; 2, с. 45]. В этом контексте особое значение приобретают материалы, обладающие высокой инертностью и минимальным риском аллергических реакций, к которым относится диоксид циркония. Таким образом, развитие ортопедической стоматологии направлено на поиск оптимального сочетания прочности, эстетики и биологической безопасности материалов [1; 2, с. 45; 3; 4]. Это определяет актуальность проведения сравнительного анализа различных видов зубных коронок и обосновывает необходимость их дальнейшего изучения.

Материалы и методы В рамках данного исследования был применён метод теоретического и сравнительного анализа научной литературы, посвящённой применению ортопедических конструкций в современной стоматологической практике. Для достижения поставленной цели проведён обзор отечественных и зарубежных публикаций, представленных в научных базах данных (eLIBRARY, PubMed), а также профильных учебных и методических изданий по ортопедической стоматологии [1; 2, с. 45]. Анализ включал изучение клинических, экспериментальных и обзорных исследований, посвящённых характеристикам металлокерамических и циркониевых коронок, их эксплуатационным свойствам, а также особенностям применения в различных клинических ситуациях. В процессе работы использовались методы: систематизации и обобщения научных данных сравнительного анализа ортопедических конструкций; качественной оценки клинических параметров [2, с. 45; 4; 7, с. 112]. Сравнительная характеристика исследуемых материалов проводилась по следующим критериям: механическая прочность и устойчивость к жевательным нагрузкам; эстетические свойства (цвет, светопроницаемость, соответствие естественным тканям зуба) уровень биосовместимости и риск возникновения аллергических реакций; срок службы ортопедических конструкций; технологические особенности изготовления (включая применение CAD/CAM технологий); экономическая доступность для пациентов. Кроме того, учитывались данные о клинической эффективности и частоте возможных осложнений, представленные в научной литературе [1; 2, с. 45; 3; 5; 6].

Полученные результаты были сопоставлены и проанализированы с целью выявления преимуществ и ограничений каждого вида ортопедических конструкций, а также определения их рационального применения в клинической практике. [2, с. 45]

Результаты и обсуждение В результате проведённого анализа установлено, что металлокерамические и циркониевые коронки обладают различными клинико-технологическими характеристиками, определяющими их применение в ортопедической стоматологии. Металлокерамические коронки представляют собой комбинированные конструкции, включающие металлический каркас и облицовочный керамический слой [2, с. 45; 4; 7, с. 112]. Благодаря высокой прочности металлической основы данные конструкции характеризуются устойчивостью к значительным жевательным нагрузкам и длительным сроком эксплуатации. По данным литературных источников, средний срок службы металлокерамических коронок составляет 10–15 лет при соблюдении клинических рекомендаций [3; 5; 7, с. 112]. Вместе с тем наличие металлического каркаса может оказывать влияние на эстетические показатели, в частности вызывать изменение цвета десневого края и снижение светопроницаемости реставрации. Кроме того, в отдельных клинических случаях возможно развитие аллергических реакций на компоненты металлических сплавов Циркониевые коронки изготавливаются из диоксида циркония, обладающего высокой прочностью (до 900–1200 МПа) и выраженной биоинертностью [3; 4]. Применение CAD/CAM технологий обеспечивает высокую точность изготовления, плотное краевое прилегание и снижение риска микроподтекания. Важным преимуществом циркониевых конструкций является их высокая эстетика [4; 6]. Отсутствие металлического каркаса позволяет достичь оптимальной светопроницаемости, что обеспечивает максимально естественный внешний вид реставрации, особенно в зоне улыбки. Сравнительный анализ показал, что циркониевые коронки демонстрируют следующие преимущества: высокая эстетическая адаптация; биосовместимость и отсутствие токсического воздействия; низкий риск аллергических реакций; высокая прочность и износостойкость [3; 4]. В то же время металлокерамические конструкции сохраняют ряд значимых преимуществ: клиническая надёжность, подтверждённая многолетней практикой; относительно невысокая стоимость; возможность применения при значительных окклюзионных нагрузках. Следует отметить, что выбор материала зависит от локализации дефекта [1; 5; 7, с. 112]. В эстетически значимых зонах (фронтальная группа зубов) предпочтение чаще отдаётся циркониевым конструкциям, тогда как при протезировании жевательных зубов широко применяется металлокерамика. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что оба вида ортопедических конструкций имеют свои клинические показания, а их рациональное использование должно основываться на индивидуальном подходе к каждому пациенту [2, с. 45; 4; 8, с. 90]. Важным аспектом, заслуживающим отдельного рассмотрения, является

долговременная клиническая эффективность ортопедических конструкций. По данным многочисленных исследований, выживаемость как металлокерамических, так и циркониевых коронок остаётся на высоком уровне при соблюдении протоколов лечения и регулярном наблюдении пациента [2, с. 45; 4; 7, с. 112]. Однако причины возможных осложнений могут различаться. Для металлокерамических конструкций характерны такие проблемы, как сколы керамического слоя, обнажение металлического каркаса и развитие краевой рецессии десны [7, с. 112]. В случае циркониевых коронок чаще обсуждаются вопросы адгезии облицовочной керамики (в классических двухслойных системах) и особенности износа антагонистов. Следует подчеркнуть, что современные монолитные циркониевые коронки в значительной степени лишены недостатков, связанных с расслоением облицовочного материала, так как не имеют керамического покрытия [1; 4]. Это повышает их надёжность, особенно в условиях повышенных жевательных нагрузок. Вместе с тем их эстетические характеристики могут уступать многослойным конструкциям, что требует индивидуального подхода при выборе типа реставрации. Не менее значимым является вопрос взаимодействия ортопедических конструкций с антагонистами. Цирконий обладает высокой твёрдостью, что при недостаточной полировке поверхности может приводить к повышенному износу противоположных зубов [2, с. 45; 4]. В связи с этим особое внимание уделяется качеству финишной обработки и глазурования циркониевых коронок. Металлокерамика, в свою очередь, имеет более сбалансированные показатели твёрдости, что в ряде случаев делает её более щадящей по отношению к антагонистам [4]. Также следует учитывать психологический фактор и ожидания пациента. В условиях роста требований к эстетике пациенты всё чаще отдают предпочтение безметалловым конструкциям. Восприятие собственной улыбки, уверенность в себе и социальная адаптация напрямую связаны с качеством ортопедического лечения. Циркониевые коронки в этом контексте обладают значительным преимуществом, поскольку позволяют добиться максимально естественного внешнего вида [2, с. 45; 4]. Дополнительным направлением развития является совершенствование методов фиксации ортопедических конструкций. Применение современных адгезивных цементов способствует повышению прочности соединения коронки с тканями зуба, снижению риска микроподтекания и вторичного кариеса [2, с. 45; 3]. Особенно это актуально для циркониевых коронок, где важную роль играет правильная подготовка внутренней поверхности конструкции. Таким образом, анализ современных научных данных показывает, что как циркониевые, так и металлокерамические коронки продолжают активно развиваться и совершенствоваться. Их эффективность во многом определяется не только свойствами материала, но и качеством клинического выполнения, соблюдением технологических этапов и индивидуальным подходом к каждому пациенту. [1; 4; 7, с. 112]

Заключение Проведённый сравнительный анализ показал, что циркониевые и металлокерамические коронки занимают значимое место в структуре ортопедического лечения и обладают высокой клинической эффективностью при восстановлении дефектов твёрдых тканей зубов. Металлокерамические конструкции, являясь длительное время «классическим» вариантом протезирования, демонстрируют высокую прочность, устойчивость к жевательным нагрузкам и предсказуемые результаты при длительной эксплуатации [2, с. 45; 3; 4; 7, с. 112; 8, с. 90]. Их применение оправдано в клинических ситуациях, где приоритетом являются функциональные характеристики и экономическая доступность лечения. Циркониевые коронки, в свою очередь, представляют собой современное направление в ортопедической стоматологии, обеспечивающее высокий уровень эстетики за счёт оптимальной светопроницаемости и отсутствия металлического каркаса [2, с. 45; 4]. Дополнительным преимуществом является высокая биосовместимость, что снижает риск развития аллергических и воспалительных реакций со стороны тканей пародонта. Следует отметить, что несмотря на высокую прочность диоксида циркония, выбор данного материала требует учёта клинических особенностей, включая характер окклюзионной нагрузки, локализацию дефекта и требования пациента к эстетике [1; 3; 4]. Металлокерамические конструкции сохраняют свою актуальность, особенно при восстановлении жевательной группы зубов, где эстетический фактор играет второстепенную роль. Таким образом, выбор между циркониевыми и металлокерамическими коронками должен основываться на комплексной оценке клинической ситуации, функциональных и эстетических требований, а также экономических возможностей пациента [4; 7, с. 112]. Перспективы дальнейшего развития ортопедической стоматологии связаны с совершенствованием цифровых технологий, расширением применения CAD/CAM-систем и разработкой новых биосовместимых материалов, что позволит повысить качество и долговечность ортопедических конструкций. [1; 2, с. 45; 6]

Список литературы:

1. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ : учебное пособие / Ю.В. Мандра, А.Ю. Котикова, М.И. Власова [и др.] ; под общ. ред. д-ра мед. наук, проф. Ю.В. Мандра ; М-во здравоохранения РФ, Урал. гос. мед. ун-т. — Екатеринбург : УГМУ, 2024. — 184 с.; 101 рис. — ISBN 978-5-6053641-1-5. — Текст. Изображение : непосредственные.

2. Трезубов В.Н. Ортопедическая стоматология - М.: Медицина, 2019. ISBN: 978-5-93339-423-5 EDN: YYGRRR

3.Anusavice K.J., Shen C., Rawls H.R. Phillips' Science of Dental Materials. — Elsevier, 2013.

4. Denry I., Kelly J.R. State of the art of zirconia for dental applications // Dental Materials. — 2008.

5. Sailer, Irena & Strasding, Malin & Valente, Nicola Alberto & Zwahlen, Marcel & Liu, Shiming & Pjetursson, Bjarni. (2018). A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. Clinical Oral Implants Research. 29. 184-198. 10.1111/clr.13277.

6. Raigrodski, Ariel. (2004). Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. J. Prosthet. Dent.. 92. 557-562. 10.1016/j.prosdent.2004.09.015.

7. Rosenstiel S.F., Land M.F., Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. — Elsevier, 2016.

8. Shillingburg H.T., Hobo S., Whitsett L.D. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. — Quintessence, 2012.

©Бокова А.О., Коновалова М.В., Хакимуллин Т.Ф. 2026

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.311.4

Кольга М. А.
Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОЭС ВОСТОКА

Аннотация: В статье рассмотрены особенности эксплуатации силовых трансформаторов в климатических условиях ОЭС Востока. Показано влияние низких температур, высокой влажности, сезонной неравномерности нагрузок и территориальной удалённости энергообъектов на техническое состояние трансформаторного оборудования. Обоснована необходимость внедрения многоуровневых систем мониторинга, обеспечивающих переход от регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию [1, 4].
Ключевые слова: силовой трансформатор, ОЭС Востока, мониторинг, диагностика, эксплуатация, климатические условия, надёжность, цифровая подстанция.

ОЭС Востока характеризуется большой территориальной протяжённостью, значительной удалённостью центров генерации и потребления, а также сложными природно-климатическими условиями. Для региона типичны продолжительные периоды низких температур, резкие сезонные колебания нагрузки, высокая влажность и ветровые воздействия в приморских районах. В совокупности данные факторы повышают требования к надёжности силовых трансформаторов, являющихся одним из наиболее ответственных элементов подстанционного оборудования [1-3].

Эксплуатация силовых трансформаторов в указанных условиях сопровождается рядом специфических проблем. При понижении температуры возрастает вязкость трансформаторного масла, ухудшаются условия теплообмена, увеличивается длительность переходных режимов после включения оборудования. Дополнительную опасность представляют увлажнение внутренней изоляции, старение бумажно-масляной системы, локальные перегревы обмоток, ухудшение состояния высоковольтных вводов и износ устройств регулирования под нагрузкой. В прибрежных районах усиливается риск коррозионного повреждения металлических элементов и загрязнения изоляционных поверхностей [3, 4].

Для ОЭС Востока важным эксплуатационным фактором является удалённость многих подстанций от сервисных центров и ремонтной инфраструктуры. Это затрудняет проведение частых диагностических обследований и повышает значимость раннего выявления дефектов. В таких условиях традиционная система обслуживания по календарному графику уже

не обеспечивает требуемой эффективности, поскольку часть опасных процессов развивается постепенно и долгое время не проявляется внешними признаками [1, 2].

Наиболее рациональным решением становится внедрение систем непрерывного мониторинга технического состояния трансформаторов. Их задача заключается в оперативном контроле параметров, характеризующих развитие дефектов, и формировании диагностических признаков на ранней стадии. В состав таких систем целесообразно включать контроль температуры верхних слоёв масла и наиболее нагретой точки, нагрузки, влажности изоляции, работы охлаждающих устройств, состояния вводов, положения РПН, а также онлайн-анализ растворённых в масле газов [4].

Система мониторинга должна строиться по многоуровневому принципу. Нижний уровень включает датчики и локальные измерительные модули, средний - устройства сбора, архивирования и предварительной обработки информации, верхний - программно-аналитический комплекс, обеспечивающий визуализацию данных, расчёт трендов, оценку остаточного ресурса и выдачу рекомендаций эксплуатационному персоналу. Для объектов ОЭС Востока особенно важно предусматривать резервирование каналов связи, локальное хранение информации и устойчивость аппаратуры мониторинга к низким температурам и повышенной влажности [4].

Эффективность мониторинга определяется не только количеством контролируемых параметров, но и качеством диагностической обработки. Практическую ценность имеют системы, способные выявлять связь между изменением параметров и вероятным видом дефекта: перегревом токоведущих соединений, частичными разрядами, увлажнением изоляции, износом контактной системы РПН или ухудшением состояния вводов. Это позволяет своевременно планировать ремонтные мероприятия, сокращать риск аварийного отказа и более обоснованно управлять ресурсом дорогостоящего оборудования [4].

Дополнительного внимания в условиях ОЭС Востока требует вопрос корректной оценки теплового режима трансформатора в переходные периоды года. Весной и осенью температурные условия внешней среды меняются достаточно быстро, тогда как режимы нагрузки отдельных узлов сети могут сохранять выраженную неравномерность. Это приводит к ситуациям, при которых расчётный запас по нагреву, определённый по усреднённым сезонным параметрам, не отражает фактического состояния оборудования. В реальной эксплуатации возможны кратковременные, но регулярно повторяющиеся перегрузки, сопровождающиеся ускоренным старением изоляции, особенно при снижении эффективности системы охлаждения или неравномерной работе вентиляторов и маслонасосов. Поэтому при построении мониторинга важно не ограничиваться регистрацией максимальных значений температуры, а анализировать длительность

тепловых перегрузок, скорость изменения параметров и их связь с текущим профилем нагрузки [4].

Не менее значимым является контроль состояния бумажно-масляной изоляции, поскольку именно она в значительной степени определяет ресурс силового трансформатора. В условиях повышенной влажности и значительных температурных перепадов возрастает риск постепенного накопления влаги в изоляционных материалах. Даже при отсутствии явных аварийных проявлений это приводит к снижению электрической прочности, ухудшению диэлектрических характеристик и повышению вероятности развития частичных разрядов. Для удалённых подстанций, где проведение лабораторного анализа с высокой периодичностью затруднено, особую ценность представляют решения, сочетающие непрерывный контроль влажности, температуры, газового состава масла и математические модели оценки остаточного ресурса изоляции. Такой подход позволяет не только фиксировать уже сформировавшийся дефект, но и обнаруживать предпосылки его возникновения задолго до перехода в опасную стадию [4].

Практика эксплуатации показывает, что одним из наиболее уязвимых узлов силового трансформатора остаётся устройство регулирования под нагрузкой. РПН работает в условиях коммутационных воздействий, механического износа контактной системы и загрязнения масла продуктами переключений. Для энергосистемы Востока данная проблема дополнительно осложняется тем, что часть подстанций функционирует в районах со сложной транспортной доступностью, а вывод оборудования в ремонт требует тщательной координации с режимом энергосистемы. По этой причине диагностика РПН должна рассматриваться как самостоятельное направление в составе общей системы мониторинга. Контроль числа переключений, времени срабатывания привода, формы токовых диаграмм, температуры контактных соединений и содержания характерных газов в масле позволяет выявлять износ и нарушение регулировочного механизма на раннем этапе, снижая риск тяжёлых отказов [4].

Отдельное значение имеет мониторинг высоковольтных вводов, поскольку их повреждение часто приводит к наиболее тяжёлым последствиям. Для вводов опасны загрязнение наружной поверхности, увлажнение внутренней изоляции, деградация герметизации, рост диэлектрических потерь и локальный перегрев контактных соединений. В районах с высокой влажностью, частыми осадками и загрязняющим воздействием атмосферы такие процессы могут развиваться ускоренно. В связи с этим система наблюдения должна включать контроль тока утечки, тангенса угла диэлектрических потерь, температуры контактных узлов и, при наличии соответствующих средств, регистрацию частичных разрядов. Совокупная обработка этих данных позволяет повысить достоверность диагностики и уменьшить вероятность внезапного разрушения ввода, которое нередко

сопровождается повреждением соседнего оборудования и длительным восстановлением схемы подстанции [4].

С организационной точки зрения для ОЭС Востока особенно важен переход от разрозненных средств контроля к единой диагностической среде. На практике недостаточно просто установить датчики на трансформаторе; требуется обеспечить согласованную передачу информации, сопоставимость архивов, унификацию диагностических признаков и возможность централизованного анализа. Если каждая подстанция использует собственный набор локальных решений без общей методологии оценки состояния, эксплуатационный персонал сталкивается с фрагментарностью данных и затруднениями при принятии решений. Поэтому перспективным является создание централизованных платформ, куда поступают данные от разных объектов, формируются единые правила сигнализации, ведутся карты дефектов и автоматически рассчитываются индексы технического состояния оборудования. Для территориально распределённой энергосистемы это особенно важно, так как позволяет перераспределять экспертные компетенции и поддерживать единый уровень диагностики даже на удалённых энергообъектах [4].

Следует учитывать и экономический аспект внедрения мониторинга. Силовой трансформатор относится к дорогостоящему и длительно заменяемому оборудованию, а его аварийное повреждение сопровождается не только прямыми затратами на ремонт или замену, но и существенными косвенными потерями, связанными с ограничением электроснабжения, изменением схемы сети, повышенной нагрузкой на смежные элементы и ростом эксплуатационных рисков. В условиях ОЭС Востока, где логистика поставки крупногабаритного оборудования может занимать значительное время, предотвращение одного тяжёлого отказа уже способно оправдать вложения в систему мониторинга. Однако наибольший эффект достигается тогда, когда данные мониторинга используются не формально, а становятся основой для планирования ремонтов, корректировки режимов работы и обоснования инвестиционных решений по модернизации подстанционного оборудования [1, 3, 4].

Таким образом, развитие систем мониторинга трансформаторов в ОЭС Востока следует рассматривать не как локальную автоматизацию отдельных функций, а как часть общей стратегии повышения надёжности и управляемости электросетевого комплекса. Современные цифровые средства диагностики позволяют связать воедино процессы измерения, анализа, прогнозирования и организационного принятия решений. В результате эксплуатация оборудования становится более прозрачной, риски отказов снижаются, а техническое обслуживание приобретает адресный и экономически обоснованный характер. Для регионов с тяжёлыми климатическими условиями, протяжёнными сетями и высокой ценой

аварийных отключений такой подход является одним из ключевых направлений технологического развития электроэнергетики [1, 4].

Таким образом, особенности эксплуатации силовых трансформаторов в климатических условиях ОЭС Востока определяют необходимость широкого применения современных систем мониторинга и диагностики. Их использование позволяет повысить надёжность электроснабжения, сократить эксплуатационные риски, уменьшить вероятность тяжёлых аварий и обеспечить переход к модели технического обслуживания по фактическому состоянию, что особенно важно для удалённых и ответственных энергообъектов региона [1, 4].

В целом для климатических условий ОЭС Востока приоритетной задачей становится создание такой эксплуатационной модели, при которой информация о состоянии трансформатора используется непрерывно - от оперативного контроля и режимного управления до долгосрочного планирования ремонтов и технического перевооружения. Чем полнее и качественнее организован цикл сбора, передачи, анализа и практического использования диагностических данных, тем выше устойчивость функционирования подстанций и надёжность электроснабжения потребителей. Именно поэтому развитие систем мониторинга следует рассматривать как один из ключевых инструментов повышения технологической устойчивости региональной энергосистемы, позволяющий адаптировать эксплуатацию дорогостоящего оборудования к сложным природным и организационным условиям Востока России [1, 4].

Дополнительным резервом повышения эффективности является использование предиктивной аналитики и методов машинного обучения для обработки больших массивов эксплуатационных данных. При достаточном объёме качественно размеченной информации такие методы позволяют выявлять скрытые закономерности в поведении оборудования, определять сочетания признаков, предшествующие развитию конкретных дефектов, и уточнять сроки наступления предельных состояний. Однако применение интеллектуальных алгоритмов требует осторожности: результаты автоматического прогноза должны интерпретироваться с учётом физических закономерностей работы трансформатора и подтверждаться инженерным анализом. В противном случае существует риск как пропуска опасных тенденций, так и формирования избыточного числа ложных предупреждений. Поэтому наиболее рациональным представляется сочетание экспертных правил, статистических моделей и элементов искусственного интеллекта в рамках единой системы поддержки принятия решений [4].

С точки зрения организации эксплуатации перспективным является формирование риск-ориентированного подхода к управлению парком силовых трансформаторов. При таком подходе каждое оборудование оценивается не только по фактическому техническому состоянию, но и по последствиям возможного отказа для схемы электроснабжения, категории

потребителей и режимной устойчивости сети. Для ОЭС Востока, где отдельные узлы сети могут иметь ограниченные возможности резервирования, отказ крупного трансформатора способен вызвать значительные системные последствия. Следовательно, приоритизация ремонтных и инвестиционных решений должна учитывать как вероятность дефекта по данным мониторинга, так и тяжесть его потенциальных последствий. Это позволяет рациональнее распределять ресурсы, концентрируя внимание на наиболее критичных объектах [1, 4].

Необходимо учитывать, что внедрение мониторинга само по себе не исключает потребности в периодических офлайн-испытаниях и экспертной диагностике. Наиболее эффективной является комбинированная модель, при которой непрерывный контроль обеспечивает раннее обнаружение отклонений и выбор оптимального момента для углублённого обследования. Если по данным онлайн-наблюдения фиксируется устойчивый рост температуры контактного соединения, изменение характера газообразования или увеличение диэлектрических потерь во вводе, это должно служить основанием для проведения целевых испытаний, лабораторного анализа масла и, при необходимости, вывода оборудования в ремонт. Таким образом, мониторинг не заменяет традиционную диагностику, а делает её более адресной, экономичной и технически обоснованной, что особенно важно для удалённых энергообъектов с ограниченными возможностями оперативного обслуживания [4].

В условиях цифровой трансформации электроэнергетики возрастает значение единых форматов представления диагностической информации. Для территориально распределённой системы, какой является ОЭС Востока, стандартизация интерфейсов обмена данными между локальными устройствами мониторинга, микропроцессорными системами подстанции и верхним уровнем управления позволяет существенно упростить сопровождение программного обеспечения и повысить совместимость оборудования разных производителей. Кроме того, единый подход к структурированию архивов и событий даёт возможность накапливать сопоставимую статистику по однотипным трансформаторам, сравнивать особенности их старения и уточнять критерии оценки технического состояния. Наличие такой статистической базы создаёт предпосылки для более точного прогнозирования остаточного ресурса и обоснования сроков модернизации оборудования [4].

Особое внимание следует уделять вопросам достоверности измерений и метрологической устойчивости каналов мониторинга. В суровых климатических условиях датчики и измерительные преобразователи сами подвергаются значительным внешним воздействиям, включая перепады температуры, конденсацию влаги, вибрации и колебания напряжения питания. Если система мониторинга не обеспечивает самодиагностику, резервирование ключевых каналов и контроль качества поступающих сигналов,

експлуатационный персонал может получить искажённую информацию, приводящую к ошибочным решениям. Поэтому надёжность самой системы мониторинга должна рассматриваться как неотъемлемая часть общей надёжности трансформаторного оборудования. Для ответственных объектов целесообразно использовать дублирование наиболее критичных измерений, автоматическое выявление отказов датчиков и алгоритмы фильтрации выбросов, исключающие ложные тревоги при кратковременных помехах в каналах связи [4].

С практической точки зрения значительный эффект может быть получен при интеграции данных мониторинга трансформаторов с информацией от смежных подсистем подстанции и диспетчерского управления. Результаты измерения токов нагрузки, сведения о коммутационных переключениях, параметры качества электроэнергии, режимы работы систем охлаждения и данные о состоянии внешней среды позволяют формировать более достоверную картину эксплуатационных процессов. При совместной обработке таких данных становится возможным не только фиксировать факт ухудшения состояния отдельного узла, но и выявлять причинно-следственные связи между режимными воздействиями и изменением диагностических показателей. Для ОЭС Востока это особенно актуально, поскольку в ряде случаев оборудование работает на предельных расстояниях от центров питания, а изменение сетевой схемы или перераспределение мощности может заметно повлиять на тепловой и электрический режим трансформатора [1, 4].

Важным направлением развития мониторинга в энергосистеме Востока становится использование адаптивных алгоритмов анализа данных, учитывающих сезонность режимов работы и специфику конкретного объекта. Одни и те же абсолютные значения температуры, влажности или концентрации диагностических газов могут иметь различную интерпретацию в зависимости от времени года, продолжительности текущей нагрузки и предшествующей истории эксплуатации трансформатора. Поэтому современные программно-аналитические комплексы должны опираться не только на фиксированные пороговые уставки, но и на динамические модели, способные распознавать аномальные отклонения относительно индивидуального нормального профиля оборудования. Такой подход особенно полезен для подстанций, работающих в условиях выраженной климатической неоднородности, когда одинаковые по классу напряжения и мощности трансформаторы эксплуатируются в существенно различающихся внешних условиях [4].

Список литературы:

1. Официальный сайт АО «Системный оператор Единой энергетической системы». - Режим доступа: https://www.so-ups.ru (дата обращения: 15.03.2026).
2. Новости ОДУ Востока // АО «СО ЕЭС». - Режим доступа: https://www.so-ups.ru/odu-east/news/ (дата обращения: 15.03.2026).

3. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. - Режим доступа: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 15.03.2026).

4. ПАО «Россети». Стандарты и техническая политика в области цифровизации и мониторинга оборудования. - Режим доступа: https://www.rosseti.ru (дата обращения: 15.03.2026).

УДК 621.314

Кольга М. А.
Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: В статье рассматриваются перспективы развития и интеграции технологий искусственного интеллекта в системы мониторинга трансформаторного оборудования. Показана роль интеллектуальных алгоритмов в повышении надежности диагностики, своевременном выявлении дефектов и прогнозировании технического состояния силовых трансформаторов. Отмечено, что применение искусственного интеллекта позволяет перейти от традиционного контроля параметров к предиктивному обслуживанию оборудования. Рассмотрены основные преимущества внедрения интеллектуальных систем мониторинга, а также проблемы, связанные с качеством данных, цифровизацией энергообъектов и подготовкой специалистов.
Ключевые слова: искусственный интеллект, трансформаторное оборудование, мониторинг, диагностика, предиктивное обслуживание, цифровая подстанция, электроэнергетика.

Трансформаторное оборудование является одним из важнейших элементов электроэнергетической системы. От его технического состояния зависят надежность электроснабжения потребителей, устойчивость работы электрических сетей и безопасность эксплуатации энергообъектов. В условиях роста нагрузок, старения оборудования и повышения требований к качеству электроснабжения особую значимость приобретают современные системы мониторинга, обеспечивающие непрерывный контроль состояния трансформаторов. Одним из наиболее перспективных направлений их развития выступает интеграция технологий искусственного интеллекта. [1, 3].

Традиционные системы мониторинга трансформаторного оборудования предназначены для сбора, передачи и отображения данных о рабочих параметрах. К числу таких параметров относятся температура масла и обмоток, токовая нагрузка, напряжение, влажность изоляции, концентрация растворенных в масле газов, частичные разряды, вибрация и другие диагностические показатели. Однако классические системы в большинстве случаев выполняют функцию регистрации и сигнализации, тогда как принятие решений по интерпретации полученной информации остается за обслуживающим персоналом. При значительном объеме данных и большом количестве контролируемого оборудования это затрудняет оперативное выявление скрытых дефектов и прогнозирование возможных отказов. [1, 6].

Традиционные методы мониторинга демонстрируют ограниченную эффективность в условиях растущих требований к надежности энергосистем. [2, 6].

«По данным Statista, мировой рынок ИИ в энергетическом секторе в 2022 году оценивался в $7,78 млрд, и прогнозируется его рост до $20,32 млрд к 2030 году с CAGR 13,1%. Этот рост отражает широкое признание потенциала ИИ: уже к 2025 году около 81% энергетических компаний планируют внедрить такие технологии для ускорения перехода к чистой энергии [5, с.190]». Данная статистика подтверждает необходимость перехода к интеллектуальным системам анализа, способным обрабатывать данные в реальном времени. [5].

Интеграция искусственного интеллекта в системы мониторинга позволяет вывести контроль технического состояния трансформаторов на качественно новый уровень. Алгоритмы машинного обучения и интеллектуального анализа данных способны обрабатывать большие массивы информации, выявлять сложные взаимосвязи между параметрами и обнаруживать аномалии, которые трудно определить с помощью традиционных методов. Это особенно важно для трансформаторного оборудования, поскольку большинство дефектов развивается постепенно и на начальных стадиях проявляется в виде незначительных изменений контролируемых величин. [4, 5].

Одним из ключевых направлений применения искусственного интеллекта является предиктивная диагностика. Ее суть заключается в прогнозировании технического состояния оборудования на основе текущих и архивных данных. Используя информацию от датчиков, результаты испытаний и статистику предыдущих отказов, интеллектуальная система может оценивать степень износа отдельных узлов трансформатора, рассчитывать вероятность возникновения неисправности и определять остаточный ресурс оборудования. Такой подход позволяет перейти от планово-предупредительной системы обслуживания к ремонту по фактическому состоянию, что способствует снижению эксплуатационных затрат и повышению надежности работы оборудования. [4, 6].

Особое значение искусственный интеллект имеет при анализе результатов хроматографического контроля трансформаторного масла. Изменение концентрации водорода, метана, этана, этилена, ацетилена и других газов служит важным диагностическим признаком развития перегревов, частичных разрядов и дуговых процессов. Традиционная оценка подобных данных обычно осуществляется по нормативным соотношениям и таблицам, однако интеллектуальные алгоритмы способны учитывать комплексное изменение нескольких показателей одновременно. Это повышает точность диагностики, позволяет быстрее определять характер дефекта и уменьшает вероятность ошибочных решений. [1, 6].

Еще одним перспективным направлением является использование искусственного интеллекта для обработки данных, поступающих в режиме реального времени. В составе цифровых подстанций и автоматизированных систем управления интеллектуальные модули могут непрерывно анализировать текущую нагрузку трансформатора, тепловой режим,

състояние изоляции и другие параметры. При обнаружении отклонений система способна автоматически формировать предупреждения, оценивать степень риска, выдавать рекомендации по изменению режима работы и передавать данные на верхний уровень диспетчерского управления. Таким образом, искусственный интеллект становится не просто инструментом анализа, а полноценным элементом системы поддержки принятия решений. [2, 4].

Перспективы развития интеллектуальных систем мониторинга связаны также с формированием единого цифрового пространства энергообъекта. Современные подстанции постепенно переходят к использованию цифровых датчиков, интеллектуальных электронных устройств и автоматизированных каналов передачи информации. В этих условиях искусственный интеллект может объединять данные из разных источников, сопоставлять их между собой и формировать более полную картину технического состояния трансформаторного оборудования. Комплексный анализ позволяет учитывать влияние режима сети, внешних факторов и истории эксплуатации на состояние трансформатора. [2, 3].

Внедрение искусственного интеллекта в системы мониторинга обеспечивает значительный технический и экономический эффект. Прежде всего, повышается надежность диагностики и сокращается вероятность внезапных аварийных отказов. Кроме того, уменьшается количество внеплановых ремонтов, повышается эффективность использования оборудования и продлевается срок его службы. Для энергетических предприятий это означает снижение затрат на эксплуатацию и ремонт, уменьшение технологических потерь и повышение общей устойчивости работы электрических сетей. Не менее важным является и рост уровня промышленной безопасности, поскольку раннее выявление опасных процессов помогает предотвратить крупные повреждения трансформаторов и связанные с ними аварийные ситуации. [4, 5].

Несмотря на очевидные преимущества, интеграция искусственного интеллекта в системы мониторинга трансформаторного оборудования связана с рядом трудностей. Для эффективной работы интеллектуальных алгоритмов необходимы качественные, достоверные и достаточно полные данные. При отсутствии развитой системы датчиков или при наличии пробелов в архивной информации точность прогнозов может снижаться. Несовершенство методов предобработки приводит к снижению точности прогнозных моделей. Особую сложность представляют данные от датчиков вибрации и частичных разрядов, требующие специализированных подходов к фильтрации. Разнородность форматов данных от различных производителей оборудования создаёт дополнительные сложности при построении единых аналитических платформ. Отсутствие стандартизированных протоколов передачи информации усложняет агрегацию показателей в режиме реального времени. Технические ограничения вычислительных мощностей на объектах энергетики затрудняют

обработку потоковых данных без существенных задержек. Эти факторы в совокупности снижают оперативность реагирования системы мониторинга на критические изменения параметров. [2, 5].

Интеграция современных ИИ-решений с устаревшими системами SCADA и АСУ ТП требует решения проблем аппаратной и программной совместимости. Большинство действующих систем мониторинга не предусматривают интерфейсов для подключения модулей машинного обучения. Морально устаревшие протоколы обмена данными ограничивают возможности передачи информации, необходимой для работы предиктивных алгоритмов. Это создаёт необходимость разработки промежуточных программно-аппаратных комплексов. Внедрение ИИ-модулей без нарушения текущих технологических процессов требует тщательного проектирования архитектуры интеграции. Отсутствие единых стандартов кибербезопасности повышает риски при подключении новых компонентов к действующим системам управления. Необходимость сохранения бесперебойности работы энергооборудования диктует требования к поэтапному внедрению и тестированию решений. [2, 4].

Существенную роль играет и подготовка специалистов, способных не только эксплуатировать традиционное электрооборудование, но и работать с цифровыми платформами, аналитическими системами и алгоритмами искусственного интеллекта. [2, 4].

Таким образом, развитие и интеграция искусственного интеллекта в системы мониторинга трансформаторного оборудования являются одним из важнейших направлений модернизации современной электроэнергетики. Применение интеллектуальных технологий позволяет повысить точность диагностики, обеспечить прогнозирование отказов, оптимизировать техническое обслуживание и повысить надежность эксплуатации трансформаторов. В дальнейшем такие решения будут все шире внедряться в практику работы цифровых подстанций и интеллектуальных электрических сетей, формируя основу для более безопасной, экономичной и эффективной эксплуатации энергетического оборудования. [2, 4, 5].

Список литературы:

1. Сизганова, Евгения Юрьевна. Методы оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов [Текст] : монография / Е. Ю. Сизганова, А. Г. Степанов, А. Ю. Южанников ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. - Красноярск : СФУ, 2018. - 165 с. : ил., табл., цв. ил.; 21 см.; ISBN 978-5-7638-3930-2

2. *Хальясмаа А. И., Матренин П. В., Ерошенко С. А. Оценка технического состояния силовых трансформаторов с использованием методов объяснимого искусственного интеллекта // Problemele energeticii regionale. — 2024. — №4(64). — С. 1–9. — DOI: 10.52254/1857-0070.2024.4-64.01.*

3. Гук Ю.Б., Ковалев Г.Ф. Электроэнергетические системы и сети. — СПб.: Питер, 2019.

4. *Jin L., Kim D., Abu-Siada A., Kumar S. Oil-Immersed Power Transformer Condition Monitoring Methodologies: A Review // Energies. — 2022. — Vol. 15, No. 9. — Art. 3379. — DOI: 10.3390/en15093379*

5. Скворцова И.В., Чаюк С.В., Багаева И.В. Практическое применение искусственного интеллекта в энергетике // International scientific journal «Science and Innovation» special issue: green energy and economics. — 2025. — С. 190–194.

6. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: Учебное пособие / Хальясмаа А.И., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 64 с. ISBN 978-5-9765-3264-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/947315

УДК 004.65:658.5

Петров С. В.
Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

АРХИТЕКТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ERP-ЛАНДШАФТА МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА: МЕТОДОЛОГИЯ МИГРАЦИИ С УПП НА КОМПЛЕКС УНФ, БП И ЗУП

Аннотация: В статье рассматривается концепция перехода от монолитной конфигурации «Управление производственным предприятием» (УПП) к гибридной архитектуре, состоящей из специализированных решений: «Управление нашей фирмой» (УНФ), «Бухгалтерия предприятия» (БП) и «Зарплата и управление персоналом» (ЗУП). На примере мебельной компании «Аквелла-Инвест» анализируются предпосылки архитектурной трансформации, методология переноса специфических механизмов учета (подетальные спецификации, попроцессная себестоимость, интеграция с деревообрабатывающим оборудованием) из парадигмы УПП в рельсы УНФ. Особое внимание уделяется вопросам адаптации существующих наработок, разграничению учетных контуров и построению интеграционного ядра на базе механизмов обмена данными 1С. Предложенный подход позволяет снизить совокупную стоимость владения системой, повысить прозрачность операционного учета на уровне цеха и сохранить преемственность регламентированного учета.

Ключевые слова: 1С: УПП, 1С: УНФ, миграция данных, интеграция, мебельное производство, ERP, автоматизация, единое информационное пространство.

1. Введение

Современные тенденции развития систем автоматизации управления предприятием (ERP-систем) характеризуются отходом от концепции «монолитного ядра» в сторону гибридных архитектур. В сегменте решений на платформе «1С: Предприятие 8» это выражается в замещении универсальной, но сложной в сопровождении конфигурации «Управление производственным предприятием» (УПП) наборами специализированных приложений, ориентированных на конкретные контуры управления.

Объектом исследования выступает мебельная компания «Аквелла-Инвест», для которой система УПП на протяжении длительного времени выполняла функции единого централизованного учета. Однако эволюция бизнес-процессов, рост требований к мобильности рабочих мест производственных мастеров, необходимость оперативного отражения фактических отклонений в производстве, а также изменение методологии бухгалтерского и кадрового учета обусловили принятие решения о переходе на архитектуру, включающую три самостоятельные, но интегрированные системы: «Управление нашей фирмой» (УНФ) как операционный контур, «Бухгалтерия предприятия» (БП) для регламентированного учета и «Зарплата и управление персоналом» (ЗУП) для кадрового блока и расчета оплаты труда.

Целью данной статьи является формализация концепции перехода, описание методологии адаптации существующих наработок УПП (спецификации, механизмы планирования, обмен с оборудованием) для их корректного функционирования в экосистеме УНФ/БП/ЗУП, а также разработка архитектуры интеграционного взаимодействия между этими системами в условиях специфики мебельного производства.

2. Анализ предпосылок и архитектурных различий систем

2.1. Специфика мебельного производства как объекта автоматизации

Мебельное производство, в частности компания «Аквелла-Инвест», характеризуется дискретным характером выпуска, широким спекторм номенклатуры материалов (ЛДСП, кромка, фурнитура, пленки ПВХ), сложными многокомпонентными спецификациями и использованием широкого спектра деревообрабатывающего оборудования (форматно-раскроечные центры, кромкооблицовочные станки, присадочные станки) с ЧПУ. Ключевыми требованиями к системе автоматизации являются:

- Поддержка подетальных и узловых спецификаций с учетом припусков и отходов.
- Позаказный метод учета затрат с распределением косвенных расходов по базам, отличным от стандартных (например, по нормо-часам работы оборудования).
- Интеграция с CAD/CAM системами (базами раскроя) для передачи заданий на оборудование и получения фактических данных о расходе материалов.

2.2. Архитектурный разрыв УПП и комплекса УНФ/БП/ЗУП

Система УПП строилась по принципу единой базы, где все учетные контуры (производственный, бухгалтерский, налоговый, кадровый) существовали в рамках одной информационной базы. Это обеспечивало консистентность данных, но создавало высокую нагрузку на администрирование и снижало гибкость при изменении законодательства или операционных процессов.

Переход на связку УНФ, БП и ЗУП подразумевает переход к гетерогенной архитектуре, где:

- УНФ выступает в роли операционной ERP, отвечая за управление продажами, закупками, производством, складом и взаиморасчетами с контрагентами на уровне управленческого учета.
- БП является регистратором регламентированных фактов хозяйственной жизни (формирование проводок по утвержденным документам УНФ, расчет НДС, формирование отчетности).
- ЗУП изолирует кадровый учет и расчет заработной платы, взаимодействуя с УНФ на уровне отражения начислений в управленческой себестоимости и штатного расписания.

Ключевая проблема перехода заключается в том, что УНФ, будучи более современной и легкой конфигурацией, изначально не содержит ряда механизмов, привычных для сложного производственного учета УПП. В частности, механизм «Спецификация номенклатуры» в УНФ менее детализирован в части нормирования технологических операций, а механизм расчета себестоимости (партионный учет) требует серьезной донастройки для обеспечения корректного расчета фактической себестоимости продукции в условиях позаказного метода.

3. Концепция миграции и адаптации наработок

Проект перехода в «Аквелла-Инвест» базируется на методологии, исключающей «слепой» перенос данных, а предполагающей реинжиниринг процессов с сохранением преемственности учетной политики.

3.1. Декомпозиция учетных контуров

Первым этапом стала формализация границ ответственности между системами. В отличие от УПП, где все движения отражались в одной базе, в новой архитектуре было определено, что:

- Производственный учет (формирование заказов производства, оперативный учет выработки, перемещение межцеховых полуфабрикатов) ведется исключительно в УНФ.
- Материальный учет (оприходование ТМЦ, списание в производство) также локализован в УНФ, но с передачей итоговых данных в БП с помощью регламентных операций.
- Учет затрат на оплату труда: расчет зарплаты производится в ЗУП, но структура затрат (статьи, подразделения, заказы) синхронизируется с УНФ для корректного включения в себестоимость продукции.

3.2. Адаптация механизма спецификаций и планирования

В УПП компании «Аквелла-Инвест» исторически сложилась развитая система многоуровневых спецификаций, включающих не только материалы, но и технологические операции с нормами времени. Прямая конвертация этих данных в стандартный справочник «Спецификации» УНФ привела бы к потере технологической аналитики.

В рамках проекта была реализована методика адаптации:

- **Трансформация операций в ресурсные спецификации.** Технологические операции (раскрой, кромкование, присадка) были переведены в разряд «Работ» в УНФ.
- **Использование механизма «Этапы производства».** В УНФ был настроен многоэтапный производственный процесс, где каждый этап соответствует переделу. Это позволило сохранить контроль за движением полуфабрикатов между участками (раскройный цех -> кромочный участок -> сборочный цех), аналогичный тому, что был реализован в УПП через межцеховые передачи.

- **Нормирование.** Вместо жестких нормативных карт УПП, в УНФ был использован механизм «Нормирование» с фиксацией плановых и фактических отклонений на этапе закрытия смены.

3.3. Миграция остатков и незавершенного производства (НЗП)

Критически важным этапом являлся перенос остатков НЗП. УПП позволяла вести детальный учет НЗП по партиям и спецификациям. В УНФ учет НЗП упрощен, однако для сохранения финансовой достоверности была разработана методика инвентаризации НЗП на дату перехода с последующим вводом остатков специализированным документом «Ввод начальных остатков» с детализацией по заказам и статьям затрат. Это позволило не обрывать цепочку формирования себестоимости.

4. Построение интеграционного взаимодействия УНФ, БП и ЗУП

Создание единого информационного пространства потребовало разработки архитектуры обмена данными, обеспечивающей синхронность справочной информации и транзакционную согласованность учетных данных.

4.1. Архитектура интеграции

В качестве шины данных использован встроенный механизм «Универсальный обмен данными в формате XML» через файловые ресурсы или прямые http-соединения (веб-сервисы). Базовая конфигурация УНФ оснащена типовыми правилами обмена с БП и ЗУП, однако для компании «Аквелла-Инвест» потребовалась их модификация ввиду сложности производственного учета.

Схема взаимодействия:

УНФ (Мастер-система для справочников):

Контрагенты, договоры, номенклатура, статьи затрат, подразделения.

Синхронизация с БП и ЗУП осуществляется по принципу «запись-отклик»: при создании нового элемента в УНФ он автоматически (или по регламенту) передается в БП и ЗУП, исключая двойной ввод и коллизии.

УНФ -> БП:

Регламентная передача: Поступление товаров, реализация, перемещения, производственные отчеты. Передаются не поштучно, а агрегированными документами «Отражение в бухучете», что позволяет снизить нагрузку на БП и сохранить возможность корректировки операционных данных в УНФ без риска нарушения бухгалтерских регистров до момента фиксации.

Специализированная доработка: Для корректного отражения производственных затрат в БП была доработана выгрузка из документа «Производственный отчет за смену». В стандартном обмене передается только итоговая сумма затрат. Для «Аквелла-Инвест» потребовалась передача детализации по номенклатурным группам и статьям затрат с разделением на прямые и косвенные.

ЗУП <-> УНФ:

ЗУП -> УНФ: Передача ведомостей на выплату зарплаты для отражения в управленческом учете движения ДС.

УНФ -> ЗУП: Передача данных по выработке (акты выполненных работ) для расчета сдельной части заработной платы. В мебельном производстве это критически важно, так как зарплата основных производственных рабочих (раскройщиков, кромочников) напрямую зависит от объема переработанных материалов (квадратных метров, погонных метров). Был реализован обмен, при котором из УНФ в ЗУП передаются показатели выработки, привязанные к конкретным сотрудникам или бригадам.

4.2. Интеграция с производственным оборудованием (Industrial IoT)

В рамках проекта сохранена и адаптирована наработка УПП по интеграции с деревообрабатывающим оборудованием HOLZMA, IMA,KOCH.

В УПП ранее был реализован обмен с CAD-системой раскроя, где формировались карты раскроя.

В новой архитектуре функционал загрузки заданий в УНФ сохранен. Доработан механизм «Технологические операции» в УНФ, который позволяет:

- Импортировать из CAD карты раскроя как спецификацию на производственный заказ.
- Автоматически формировать требования-накладные на материалы согласно картам раскроя.
- По завершении смены получать фактические данные о раскрое (фактический расход, брак) через загрузку из файлов с ЧПУ-станков, что ранее было реализовано в УПП и успешно мигрировало в УНФ за счет единой платформы.

5. Обеспечение преемственности учетной политики и методологии расчета себестоимости

Одной из наиболее сложных задач в проекте «УПП -> УНФ+БП+ЗУП» является сохранение корректности расчета фактической себестоимости продукции.

5.1. Отличия в алгоритмах расчета себестоимости

УПП использовала механизм «Расчет себестоимости» с расширенной аналитикой по партиям, заказам и выпускам. УНФ использует упрощенный механизм, основанный на регистрах накопления (партионный учет).

Для компании «Аквелла-Инвест», где себестоимость является основой ценообразования, потребовалась настройка специализированной учетной политики в УНФ:

- Настроен метод оценки МПЗ «По средней», но с детализацией по заказам клиентов.
- Реализовано разделение затрат на прямые (материалы, сдельная зарплата) и косвенные (общепроизводственные) с использованием механизма «Коэффициенты распределения».

- Введен дополнительный субконто «Заказ на производство» в регистры бухгалтерии (БП) для сохранения прозрачности структуры затрат при формировании проводок.

5.2. Сверка данных и контрольные точки

В связи с разделением учетных систем введен регламент ежемесячной сверки данных. Контрольная сверка проводится по трем основным блокам:

- Сверка остатков ТМЦ: Сравнение оборотно-сальдовых ведомостей УНФ и БП с расшифровкой по складам. Расхождения допустимы только в рамках временных лагов документооборота.
- Сверка взаиморасчетов: Контроль дебиторской и кредиторской задолженности между УНФ (управленческий учет) и БП (бухгалтерский учет). Идентичность обеспечивается единой точкой ввода первичных документов в УНФ.
- Сверка себестоимости: Сравнение структуры себестоимости выпуска (материалы, зарплата, амортизация) по данным УНФ и БП. Для устранения расхождений были доработаны правила переноса документов «Закрытие месяца» из УНФ в БП.

6. Результаты и выводы

Реализация концепции перехода с УПП на комплекс систем УНФ, БП и ЗУП в мебельной компании «Аквелла-Инвест» позволила достичь следующих результатов:

- Снижение совокупной стоимости владения (ТСО). Узкая специализация систем упростила обновление конфигураций (изменения в бухгалтерском законодательстве не влияют на производственный контур) и снизила порог входа для новых пользователей (операторы цеха работают только в УНФ, бухгалтеры — в БП).
- Повышение оперативности производственного учета. Благодаря адаптации механизма «Этапы производства» и интеграции с оборудованием, удалось сократить время закрытия смены с 2-3 часов до 20-30 минут. Данные о фактическом расходе материалов поступают в систему в режиме, близком к реальному времени.
- Сохранение преемственности. Существующие наработки в области спецификаций (свыше 10 000 позиций), интеграции с CAD/CAM и методы распределения косвенных затрат были не перенесены «как есть», а реинжинирированы с использованием современных механизмов УНФ, что позволило сохранить уникальную учетную политику компании.
- Прозрачность интеграции. Разработанная архитектура обмена между УНФ, БП и ЗУП позволила четко разграничить зоны ответственности ИТ-службы и отделов автоматизации, исключив ситуацию, при которой ошибка в кадровом учете блокирует возможность отгрузки продукции.

Заключение

Переход от монолитной системы УПП к гибридной архитектуре на базе УНФ, БП и ЗУП не является тривиальной заменой программного обеспечения.

Это сложная трансформация учетной методологии, требующая глубокой проработки вопросов миграции данных, адаптации уникальных механизмов производственного учета и построения надежного интеграционного слоя. Опыт компании «Аквелла-Инвест» показывает, что при условии корректного разграничения учетных контуров и реализации механизмов синхронизации на уровне платформы 1С, такой переход не только обеспечивает соответствие современным требованиям законодательства, но и дает существенный прирост эффективности операционного управления производством.

Список литературы:

1. Радченко, М. Г. 1С:Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы / М. Г. Радченко, Е. Ю. Хрусталева. – Москва : 1С-Паблишинг, 2013. – 874 с. – ISBN 978-5-9677-1790-5.
2. Фирма «1С». 1С:Управление производственным предприятием. Редакция 1.3. Описание конфигурации [Электронный ресурс] / Фирма «1С». – Москва, 2011. – Режим доступа: https://v8.1c.ru/upp/ (дата обращения: 15.03.2026).
3. Фирма «1С». 1С:Управление нашей фирмой. Редакция 1.6. Описание конфигурации [Электронный ресурс] / Фирма «1С». – Москва, 2020. – Режим доступа: https://v8.1c.ru/unf/ (дата обращения: 15.03.2026).
4. Фирма «1С». 1С:Бухгалтерия предприятия. Редакция 3.0. Методические рекомендации по переходу с конфигурации 1С:УПП [Электронный ресурс] / Фирма «1С». – Москва, 2021. – Режим доступа: https://its.1c.ru/ (дата обращения: 15.03.2026). – Доступ по подписке.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 52 с.
6. Хрусталева, Е. Ю. Язык запросов 1С:Предприятие 8 / Е. Ю. Хрусталева. – Москва : 1С-Паблишинг, 2015. – 560 с. – ISBN 978-5-9677-1887-2.
7. Приказ Минфина России от 06.10.2008 № 106н (ред. от 07.02.2020) «Об утверждении положений по бухгалтерскому учету» (вместе с «Положением по бухгалтерскому учету «Учетная политика организации» (ПБУ 1/2008)», «Положением по бухгалтерскому учету «Изменения оценочных значений» (ПБУ 21/2008)») // Российская газета. – 2008. – № 234.

УДК 004.4

Никкель К. Е.
Научный руководитель: Леонтьев А. С., к.т.н., доцент
Российский технологический университет (МИРЭА), Москва, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ И НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ

Аннотация: В работе рассматривается один из ключевых факторов оценки приложений и информационных систем для изучения иностранных языков в контексте их эффективности и функциональности. Рассматриваются три наиболее популярных решения: Duolingo, Babbel, Rosetta Stone. Приводятся описания принципов работы алгоритмов некоторых функций, архитектуры и реализации вышеупомянутых решений. Основной акцент делается на анализе технических аспектов разработки и функционирования, затрагивая вопросы использованных технологий, алгоритмов, функциональных возможностей, удобства пользования и эффективности. Особое внимание уделено анализу проблемных областей и выработке предложений по их улучшению. Статья будет полезна разработчикам, архитекторам программного обеспечения, а также студентам, изучающим информационные технологии.

Ключевые слова: приложения для изучения языков, технологии обучения, алгоритмы обучения, функциональные возможности, удобство использования, инновационные методы обучения, цифровое образование.

Введение

С развитием цифровых технологий и глобализации общества вопрос изучения иностранных языков становится всё более актуальным. В этом контексте приложения для изучения языков играют важную роль, стараясь предложить пользователю гибкие и инновационные подходы к обучению. Важность таких приложений обусловлена их способностью предоставлять образовательные ресурсы широкому кругу людей, преодолевая географические и социальные барьеры. Основной целью данного исследования является анализ технических особенностей приложений для изучения иностранных языков, выявление общих тенденций в их разработке, а также оценка их эффективности и доступности для конечных пользователей. Новизна данного исследования заключается в комплексном анализе технологических и функциональных особенностей современных приложений для изучения иностранных языков, что позволяет выделить наиболее перспективные направления их развития. Будет проведена глубокая оценка влияния использования различных алгоритмов и протоколов на эффективность обучения, а также предложены конкретные рекомендации для разработчиков данных приложений. Таким образом, исследование вносит значимый вклад в область цифрового образования, предоставляя основу для дальнейших разработок и улучшений в этой сфере.

Анализ базируется на изучении технической документации, статей и отчетов о приложениях, что дает возможность выявить используемые технологии, алгоритмы и протоколы, а также оценить, как различные технические решения влияют на функциональность и удобство приложений. Сравнительный анализ помог определить лучшие практики в области технологической разработки, а также выявить общие тенденции и направления развития.

Критерии оценки и сравнение

Для оценки приложений были определены следующие критерии:

- инновационность: степень применения новых технологий и алгоритмов в разработке приложения;
- функциональность: обширность и полезность предлагаемых приложением функций для изучения языка;
- масштабируемость: способность приложения адаптироваться к увеличению числа пользователей без потери производительности;
- безопасность данных: эффективность механизмов защиты личных данных пользователей и учебной информации;
- удобство использования: интуитивность и простота интерфейса, легкость освоения приложения пользователями различного возраста и уровня владения технологиями;
- эффективность обучения: степень, в которой использование приложения способствует улучшению знаний и навыков в изучаемом языке.

С учетом этих критериев исследование было направлено на всесторонний анализ технических особенностей приложений, что позволило сделать обоснованные выводы о наиболее эффективных технических решениях в сфере обучения иностранным языкам [1]. Для проведения анализа и получения результатов выберем три широко известных приложения для изучения языков: Duolingo, Babbel, и Rosetta Stone. Эти приложения имеют разные подходы к обучению, используют различные технологии и архитектуру (см. таблицу 1):

Таблица 1 – Сравнительная характеристика приложений*

Приложение / **Критерий**	**Duolingo**	**Babbel**	**Rosetta Stone**
Технологии и алгоритмы	Использует машинное обучение для адаптации учебного плана к потребностям пользователя	Фокус на диалогах и контекстуальном обучении с использованием традиционных методик	Иммерсивный метод обучения без перевода, полное погружение в языковую среду
Архитектура	Микросервисная архитектура, обеспечивающая	Клиент-серверная архитектура с сильным акцентом	Интегрированная платформа с поддержкой

Приложение / Критерий	**Duolingo**	**Babbel**	**Rosetta Stone**
	гибкость и масштабируемость	на качестве контента	множества устройств
Функциональные возможности	Широкий спектр языков, игровая механика, упражнения на слушание, говорение, чтение и письмо	Курсы посвящены реальным жизненным ситуациям, упражнения на аудирование, грамматику и словарный запас	Упор на развитие произношения с помощью технологии распознавания речи, курсы построены на визуальном ассоциативном обучении
Преимущества и недостатки	предлагает гибкий и разнообразный подход к обучению с широким выбором языков, что делает его доступным для широкой аудитории. Однако критики указывают на отсутствие глубины в покрытии сложных грамматических структур	выделяется среди других платформ своим фокусом на практическом применении языка и диалогах. Недостатком может быть более ограниченный выбор языков по сравнению с Duolingo	предлагает уникальный иммерсивный подход к обучению, что может быть особенно эффективно для начинающих, но отсутствие традиционных объяснений грамматики могут оттолкнуть некоторых пользователей
Методика обучения	Игровая механика, мини-уроки	Контекстуальное обучение, диалоги	Иммерсивное обучение, погружение
Языки	42	14	25
Ценовая политика	Платная подписка, бесплатно доступная лишь часть функций	Платная подписка	Платная подписка

* данные могут изменяться со временем

Важность адаптивных алгоритмов, используемых в Duolingo, не может быть недооценена, поскольку они позволяют создавать персонализированный учебный план, что является ключом к повышению мотивации и эффективности обучения. Однако для улучшения понимания сложных языковых конструкций требуются более сложные технические решения. Babbel и Rosetta Stone, с их уникальными подходами к обучению, подчеркивают важность контекста и погружения в языковую среду. Тем не менее, их функциональность может быть улучшена за счет интеграции более продвинутых технологий машинного обучения и искусственного интеллекта

для более тонкой адаптации курсов к индивидуальным особенностям обучения каждого пользователя.

Эти предложения могут способствовать не только улучшению существующих приложений, но и стимулированию дальнейших исследований в области технологий обучения языкам. Внедрение инновационных решений повысит эффективность обучения и сделает процесс изучения языков более интерактивным и персонализированным.

Как устроена архитектура

Приложения для изучения языков, часто используют облачные сервисы, такие как Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP) или Microsoft Azure для размещения своих серверов и данных. Это обеспечивает гибкость в управлении ресурсами, масштабируемость и высокую доступность сервиса. Многие приложения используют микросервисы для обеспечения масштабируемости и гибкости своих систем. Это позволяет разрабатывать, тестировать и развертывать отдельные части приложения независимо друг от друга. Для взаимодействия между клиентским приложением и сервером часто используются RESTful API или более новый GraphQL, который обеспечивает большую гибкость и эффективность в запросах данных. Для реализации обмена сообщениями и синхронизации данных между клиентом и сервером часто используются WebSockets. Алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта используются для анализа прогресса пользователя, адаптации учебных программ и персонализации процесса обучения. Концептуальный пример реализации архитектуры представлен на рисунке 1:

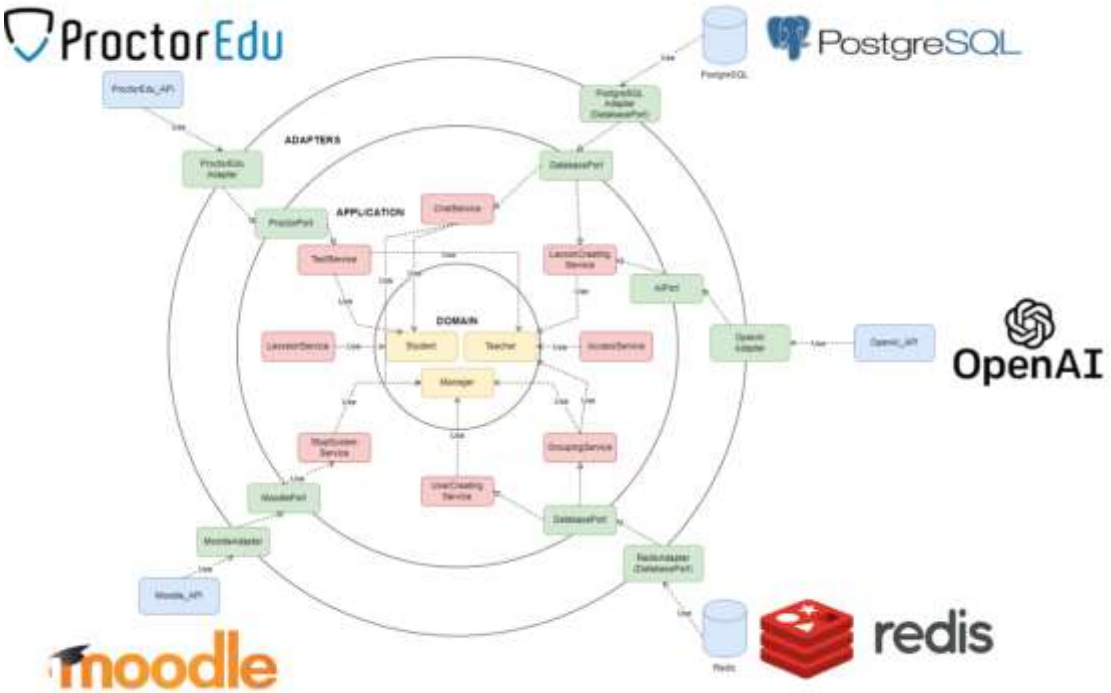


Рисунок 1 – Возможный вариант архитектуры приложения для изучения иностранных языков (разработано автором)

Ниже, на рисунке 2 демонстрируется сравнение технических характеристик приложений для изучения языков: Duolingo, Babbel и Rosetta Stone по четырем аспектам: масштабируемость, безопасность данных, высокая нагрузка и доработка ИИ. Условные оценки показывают, как каждое приложение выступает в данных категориях, предоставляя наглядное представление о их техническом уровне и потенциальных направлениях для улучшения:

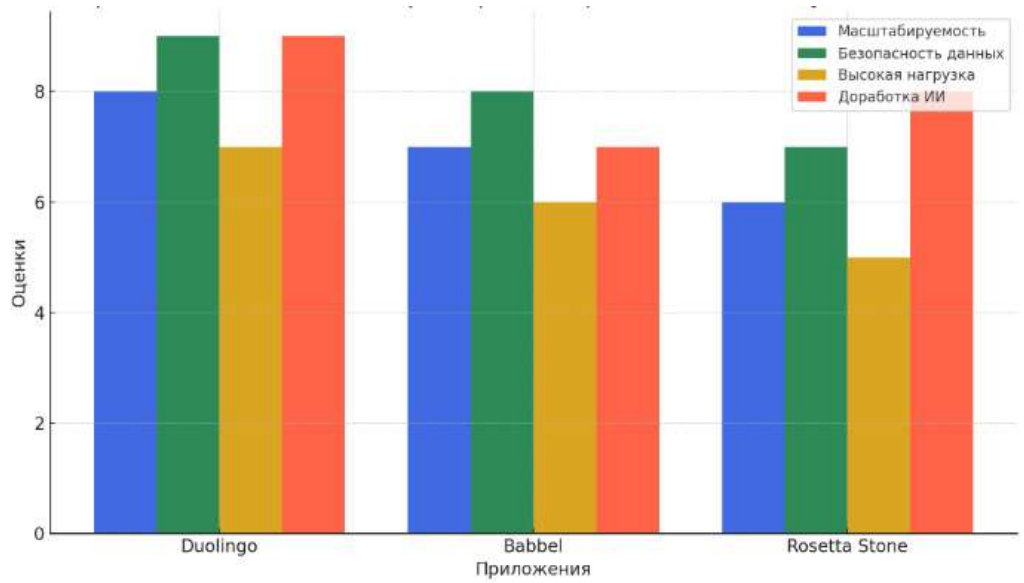


Рисунок 2 – Сравнение технических характеристик

Применение модели роста для классификации пользователей

В качестве одного из примеров реализации функционала приложений для изучения иностранных языков рассмотрим функцию, которая занимается аналитикой пользователей.

На рисунке 3 представлена схема модели роста, разработанная и применяемая в Duolingo, которая классифицирует пользователей на семь различных состояний в зависимости от их учебной активности [2]. Эта модель используется для мониторинга потока пользователей и определения ключевых показателей, которые влияют на ежедневную активность пользователей (DAU):

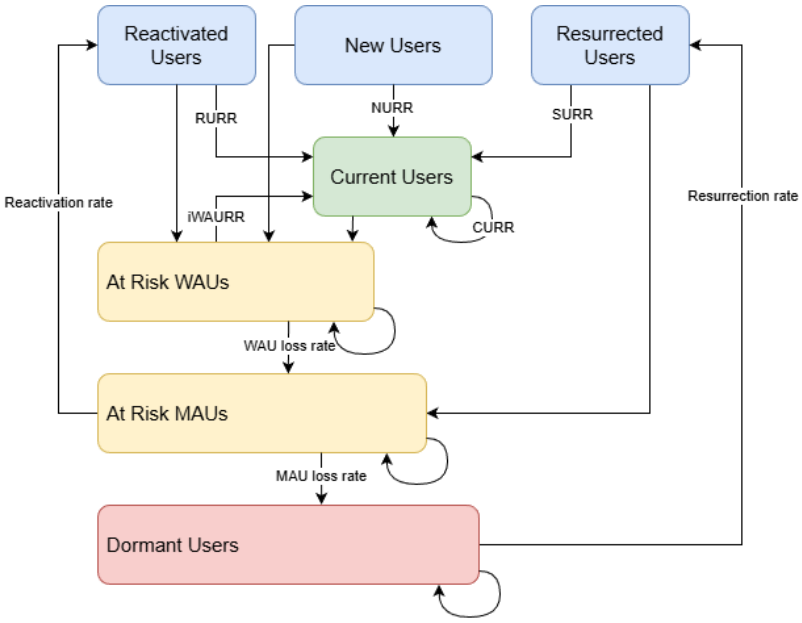


Рисунок 3 – Схема модели роста

Описание состояний пользователей:

- новые пользователи (New Users) - первый день использования приложения;
- текущие пользователи (Current Users) - активны сегодня и были активны в прошлую неделю;
- возвращенные пользователи (Reactivated Users) - активны сегодня, были активны в прошлом месяце, но не в прошлую неделю;
- воскрешенные пользователи (Resurrected Users) - активны сегодня, в последний раз были активны более 30 дней назад;
- пользователи с риском недельной активности (At risk Weekly Active Users) -были активны на прошлой неделе, но не сегодня.
- пользователи с риском месячной активности (At risk Monthly Active Users) - были активны в течение месяца, но не на прошлой неделе.
- неактивные пользователи (Dormant Users)- неактивны минимум 30 дней.

Стрелки на схеме показывают возможные переходы пользователей из одного состояния в другое. Например, новые пользователи могут стать текущими пользователями, если они возвращаются на следующий день (NURR - коэффициент удержания новых пользователей).

Ключевые моменты применения модели роста:

- разработка новых ключевых метрик – с помощью модели роста можно реализовать ряд симуляций роста для идентификации новых метрик, оптимизация которых могла бы привести к увеличению показателя DAU;
- использование CURR (коэффициент удержания текущих пользователей) - было подтверждено, что оптимизация CURR приводит к росту DAU. увеличение CURR на 2% каждый месяц оказало самое большое влияние на DAU;

- изменение подхода к метрикам - по мере того как CURR достигает своего наибольшего значения, возникает необходимость в новом подходе к аналитике, чтобы предотвратить новую стагнацию.
- отход от средних значений - средние значения не позволяют увидеть разнообразие пользователей, поэтому необходимо искать способы более точно измерять поведение пользователей и устанавливать реалистичные цели.

Вышеприведенная модель роста стала ключевым элементом стратегии роста продукта Duolingo и позволила значительно увеличить DAU с 2019 года. В дальнейшем команда планирует развивать модель для поддержания устойчивого роста в будущем [2].

Заключение и выводы

В ходе данного исследования были рассмотрены технические особенности ведущих приложений для изучения иностранных языков: Duolingo, Babbel и Rosetta Stone. Анализ показал, что успех и популярность этих приложений опирается не только на их образовательную ценность, но и на продвинутые технологические решения, лежащие в их основе. Машинное обучение, алгоритмы адаптивного обучения, иммерсивные методы и использование облачных технологий значительно повышают эффективность обучения и делают процесс изучения языка более увлекательным и доступным для широкого круга пользователей. Однако, несмотря на значительные достижения в данной области, существует потенциал для дальнейших улучшений и инноваций. В частности, более глубокая интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения может предоставить еще более персонализированный и эффективный подход к обучению [3]. Также важным аспектом является обеспечение безопасности данных и приватности пользователей, что требует постоянного внимания и совершенствования соответствующих технологических решений. Исследование подчеркивает значимость технической стороны разработки приложений для изучения языков и предлагает ряд рекомендаций по улучшению существующих решений. В будущем, с развитием новых технологий и увеличением мощности вычислительных систем, можно ожидать появления еще более продвинутых и эффективных инструментов для изучения иностранных языков. Таким образом, исследование подтверждает, что разработка и совершенствование технологий в области обучения иностранным языкам имеет критическое значение для повышения доступности и эффективности образовательных ресурсов [4]. В свете полученных результатов и предложенных рекомендаций ожидается, что будущие исследования будут направлены на дальнейшее развитие и интеграцию инновационных технологий в процесс обучения, что сделает изучение новых языков еще более доступным и интересным для пользователей по всему миру.

Список литературы:

1. Bećirović S., Brdarević-Čeljo A., Delić H. The use of digital technology in foreign language learning //SN social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 10. – С. 246.
2. Meaningful metrics: How data sharpened the focus of product teams: Duolingo Blog. – URL: https://blog.duolingo.com/growth-model-duolingo/ (дата обращения: 10.03.2026).
3. Son J. B., Ružić N. K., Philpott A. Artificial intelligence technologies and applications for language learning and teaching //Journal of China computer-assisted language learning. – 2025. – Т. 5. – №. 1. – С. 94-112.
4. Zhang S., Ren Y. The mediating role of a xu-argument based iterative translation continuation task in the dynamic relationships between translation learning anxiety and foreign language learning proficiency and translation strategies //Frontiers in Psychology. – 2022. – Т. 13. – С. 916597.
5. Милушев Т. И. Анализ приложений для изучения иностранных языков //IN SITU. – 2023. – №. 11. – С. 109-114.
6. Воронкова Ю.В. Использование мобильных приложений для изучения иностранных языков // Проблемы и перспективы развития образования в России. 2014. №31. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-mobilnyh-prilozheniy-dlya-izucheniya-inostrannyh-yazykov (дата обращения: 10.03.2026).
7. Никкель К. Е. Современные подходы к реализации информационных систем для изучения иностранных языков на примере функции разнесенного повторения языковых единиц // Задачи и возможности международного трансфера инновационных технологий. – 2024. – С. 61.
8. Vesselinov, R., Grego J. Duolingo Effectiveness Study 2020 // Foreign Language Annals (FLA) : науч.-техн. журн. : электр. версия. 2022. URL: http://static.duolingo.com/s3/DuolingoReport_Final.pdf (дата обращения: 06.03.2026).
9. Chen L., Chen P., Lin Z. Artificial intelligence in education: A review //Ieee Access. – 2020. – Т. 8. – С. 75264-75278.

УДК 72:004.9

Кенанов Сапаргулы, Годыков Перман, Язмедов Арслан
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ BIM, ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Аннотация: Современное архитектурно-строительное проектирование переживает фундаментальную трансформацию, обусловленную конвергенцией трех ключевых технологий: информационного моделирования зданий (BIM), искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников. Интеграция этих интеллектуальных цифровых технологий открывает беспрецедентные возможности для автоматизации проектных процессов, повышения качества решений и оптимизации жизненного цикла строительных объектов. Однако фрагментарность существующих исследований и недостаток системного понимания направлений интеграции сдерживают практическую реализацию их потенциала. Цель исследования – систематический анализ современных подходов к интеграции BIM, искусственного интеллекта и цифровых двойников в архитектурно-строительном проектировании, выявление ключевых направлений автоматизации и оценка перспектив развития интеллектуальных технологий в строительной отрасли. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы, включая публикации в российских и международных изданиях за период 2018–2025 гг. Использованы методы системного анализа, библиометрического анализа, классификации и обобщения практического опыта внедрения интеллектуальных технологий в проектирование. Выявлены четыре ключевых направления интеграции интеллектуальных технологий: 1) автоматизация проектных решений на основе генеративного дизайна и методов машинного обучения, позволяющая генерировать и оптимизировать архитектурные формы с учетом множества критериев; 2) интеграция BIM и ИИ для автоматизированного обнаружения дефектов, проверки соответствия нормативам и оценки рисков на ранних стадиях проектирования; 3) создание цифровых двойников строительных объектов, объединяющих статические BIM-модели с динамическими потоками данных от сенсорных сетей для мониторинга и прогнозирования поведения конструкций; 4) применение киберфизических систем и роботизированных комплексов, интегрированных с BIM, для автоматизации строительно-монтажных работ и контроля качества. Установлено, что ключевыми барьерами интеграции являются недостаточная готовность форматов данных (IFC) для полноценного применения ИИ-алгоритмов, проблемы интероперабельности между различными программными платформами и дефицит специалистов, владеющих как строительными, так и цифровыми компетенциями.

Ключевые слова: BIM-технологии, искусственный интеллект в строительстве, цифровые двойники, киберфизические системы, автоматизация проектирования, генеративный дизайн, интеграция технологий, интероперабельность, жизненный цикл зданий, интеллектуальные строительные системы.

Введение. Архитектурно-строительное проектирование на протяжении десятилетий оставалось одной из наиболее консервативных сфер с точки

зрения внедрения цифровых инноваций. Однако в последние годы ситуация кардинально меняется благодаря конвергенции трех ключевых технологических направлений: информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM), искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников [1, 4]. Эта конвергенция создает основу для перехода к принципиально новой парадигме проектирования, в которой интеллектуальные системы не просто автоматизируют рутинные операции, но и активно участвуют в генерации проектных решений, их оптимизации и сопровождении на всех этапах жизненного цикла объекта [2, 13].

Актуальность исследования интеграции интеллектуальных цифровых технологий в архитектурно-строительное проектирование обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, стремительное развитие методов искусственного интеллекта, включая машинное обучение, глубокие нейронные сети и генеративные алгоритмы, открыло новые возможности для автоматизации творческих и аналитических задач, ранее считавшихся исключительной прерогативой человека [5, 8]. Генеративный дизайн позволяет создавать тысячи вариантов проектных решений, оптимизированных по множеству критериев – от конструктивной надежности до энергоэффективности и эстетической выразительности [8].

Во-вторых, эволюция BIM-технологий от трехмерного моделирования к созданию информационно насыщенных цифровых моделей создала необходимую базу данных для применения алгоритмов искусственного интеллекта. BIM-модели содержат не только геометрическую информацию, но и сведения о свойствах материалов, конструктивных элементах, инженерных системах, что позволяет ИИ-алгоритмам анализировать сложные взаимосвязи и принимать обоснованные решения [4, 11]. Однако, как показывают исследования, готовность данных в формате IFC (Industry Foundation Classes) для полноценного применения ИИ остается недостаточной, что требует дальнейшей разработки стандартов и методов семантического обогащения моделей [4].

В-третьих, концепция цифровых двойников, объединяющих статические BIM-модели с динамическими потоками данных от сенсорных сетей, позволяет выйти за рамки проектирования и обеспечить непрерывный мониторинг и управление объектом на протяжении всего жизненного цикла [3, 7]. Цифровые двойники открывают возможности для предиктивной аналитики, раннего обнаружения дефектов и оптимизации эксплуатации, что особенно важно для сложных инженерных сооружений [3, 6].

В-четвертых, развитие киберфизических систем и роботизированных комплексов, интегрированных с BIM, создает основу для автоматизации не только проектных, но и строительно-монтажных работ. Исследования показывают, что интеграция BIM с системами компьютерного зрения позволяет решать задачи позиционирования роботов на строительной площадке, контроля качества и мониторинга безопасности [13].

Степень изученности проблемы характеризуется значительным объемом исследований, посвященных отдельным аспектам применения интеллектуальных технологий в строительстве, однако сохраняется фрагментарность знаний и недостаток системных, обобщающих работ. В международной научной периодике активно публикуются исследования по интеграции BIM и ИИ для обнаружения дефектов инфраструктурных объектов [11], оптимизации проектирования медицинских учреждений [2], автоматизации мониторинга состояния мостовых сооружений [3], разработке систем оценки рисков и проверки безопасности на стадии проектирования [9]. Библиометрические исследования демонстрируют устойчивый рост числа публикаций на стыке BIM, ИИ и интернета вещей (IoT), что свидетельствует о формировании нового междисциплинарного направления [1].

Российские исследователи также вносят вклад в развитие данного направления. Работы Б. П. Титаренко и Ю. Г. Жегловой [12], К. Ю. Лосева [10] заложили теоретические основы применения киберфизических систем в строительстве. Исследования Г. Г. Кашеваровой с соавторами [6, 7] посвящены применению интеллектуальных и цифровых технологий для диагностики строительных объектов. А. А. Лаушкина и О. О. Басов [8] анализируют возможности генеративного дизайна с использованием мультимодальных данных в архитектуре и градостроительстве. Ю. А. Добрякова [5] рассматривает применение генеративного искусственного интеллекта в архитектурном проектировании. Однако, как показывают обзорные исследования [1, 4], сохраняется дефицит работ, интегрирующих эти разрозненные направления и анализирующих комплексное влияние интеллектуальных технологий на процессы архитектурно-строительного проектирования в целом.

Целью настоящей работы является систематический анализ современных подходов к интеграции BIM, искусственного интеллекта и цифровых двойников в архитектурно-строительном проектировании, выявление ключевых направлений автоматизации и оценка перспектив развития интеллектуальных технологий в строительной отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию современных подходов к интеграции интеллектуальных цифровых технологий в архитектурно-строительное проектирование.
2. Исследовать возможности автоматизации проектных процессов на основе генеративного дизайна и методов машинного обучения.
3. Проанализировать опыт применения ИИ для обнаружения дефектов, проверки соответствия нормативам и оценки рисков в BIM-среде.
4. Рассмотреть концепцию цифровых двойников и их роль в управлении жизненным циклом строительных объектов.

5. Выявить ключевые проблемы и барьеры, препятствующие широкому внедрению интеллектуальных технологий в практику проектирования.

6. Определить перспективные направления дальнейших исследований и разработок.

Классификация подходов к интеграции интеллектуальных цифровых технологий. Анализ современной научно-технической литературы позволяет выделить четыре ключевых направления интеграции интеллектуальных цифровых технологий в архитектурно-строительное проектирование, каждое из которых характеризуется специфическими методами, областью применения и степенью зрелости.

Автоматизация проектных решений на основе генеративного дизайна. Данное направление представляет собой наиболее радикальный отход от традиционных методов проектирования. Вместо того чтобы вручную создавать и оценивать ограниченное число вариантов, проектировщик задает целевые параметры и ограничения, а алгоритмы на основе методов машинного обучения и эволюционных вычислений самостоятельно генерируют множество оптимальных решений [5, 8].

А. А. Лаушкина и О. О. Басов [8] исследуют применение методов генеративного дизайна с использованием мультимодальных данных в архитектуре и градостроительстве. Авторы подчеркивают, что генеративный дизайн позволяет учитывать не только геометрические и конструктивные параметры, но и такие сложные факторы, как инсоляция, аэродинамика, транспортные потоки и социальные паттерны поведения. Мультимодальный подход, объединяющий данные различной природы (геопространственные данные, результаты моделирования, нормативные требования, прецеденты), создает основу для выработки проектных решений, оптимальных по множеству критериев одновременно [8].

Ю. А. Добрякова [5] рассматривает применение генеративного искусственного интеллекта в архитектуре и дизайне, отмечая, что современные нейросетевые модели способны не только генерировать отдельные архитектурные формы, но и создавать целостные проектные концепции, учитывающие контекст, функцию и эстетические предпочтения. Важным преимуществом генеративного подхода является возможность быстрой итеративной проработки множества вариантов, что особенно ценно на ранних стадиях проектирования, когда цена изменений минимальна [5].

Применение генеративного дизайна для оптимизации проектирования медицинских учреждений исследовано в работе H. Alavi с соавторами [2]. Авторы демонстрируют, как интеграция BIM и алгоритмов искусственного интеллекта позволяет оптимизировать функционально-планировочные решения с учетом сложных логистических потоков, требований безопасности и нормативных ограничений. Предложенный подход обеспечивает не только

повышение качества проектных решений, но и значительное сокращение времени проектирования [2].

Интеграция BIM и искусственного интеллекта для автоматизированного анализа, и контроля. Второе направление связано с использованием методов ИИ для анализа BIM-моделей и автоматизации процессов проверки и контроля. J. Sresakoolchai и S. Kaewunruen [11] исследуют интеграцию BIM и ИИ для обнаружения комбинированных дефектов инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта. Авторы показывают, что применение методов машинного обучения к данным, извлеченным из BIM-моделей, позволяет выявлять скрытые взаимосвязи между различными типами дефектов и прогнозировать их развитие с высокой точностью [11].

Особое значение приобретает автоматизация проверки соответствия проектных решений нормативным требованиям (automated compliance checking). Традиционно эта процедура выполняется вручную и требует значительных временных затрат, при этом сохраняется высокий риск пропуска ошибок. Интеграция BIM с методами обработки естественного языка (NLP) позволяет автоматически интерпретировать тексты нормативных документов и проверять соответствие им BIM-моделей, что существенно повышает надежность и скорость экспертизы [4].

Исследование Y. Lee, I. Kim и Ju. Choi [9] посвящено разработке системы автоматизированной оценки рисков и проверки безопасности на основе BIM. Предложенный подход позволяет на стадии проектирования выявлять потенциально опасные конструктивные и планировочные решения, оценивать уровень риска и генерировать рекомендации по его снижению. Интеграция с BIM обеспечивает наглядную визуализацию зон риска и возможность их оперативной корректировки [9].

Обзорное исследование S. Du с соавторами [4] анализирует готовность данных в формате IFC для применения алгоритмов ИИ в строительной отрасли. Авторы выявляют существенные ограничения существующих стандартов, связанные с неполнотой семантической информации, отсутствием унифицированных способов представления динамических характеристик и недостаточной поддержкой временных рядов данных. Решение этих проблем рассматривается как необходимое условие для полноценной интеграции BIM и ИИ [4].

Создание цифровых двойников строительных объектов. Третье направление связано с развитием концепции цифровых двойников, объединяющих статические BIM-модели с динамическими потоками данных от сенсорных сетей. В отличие от традиционных BIM-моделей, которые отражают состояние объекта «как спроектировано» или «как построено», цифровые двойники обеспечивают непрерывную синхронизацию с физическим объектом, отражая его актуальное состояние в реальном времени [3, 7].

Исследование M. Fawad с соавторами [3] демонстрирует применение подхода «BIMификации» для создания системы мониторинга состояния мостового сооружения. Авторы разработали методологию преобразования существующих BIM-моделей в цифровые двойники, интегрированные с данными от сенсорных сетей и конечно-элементными моделями. Это позволяет не только отслеживать текущее состояние сооружения, но и прогнозировать его поведение при различных нагрузках, своевременно выявлять признаки деградации и планировать профилактические мероприятия [3].

Г. Г. Кашеварова с соавторами [6, 7] исследуют применение интеллектуальных и цифровых технологий для диагностики строительных объектов. Авторы подчеркивают, что цифровые двойники открывают принципиально новые возможности для технической диагностики, позволяя перейти от периодических обследований к непрерывному мониторингу и предиктивной аналитике. Интеграция данных от различных типов сенсоров (тензометрических, температурных, вибрационных) с BIM-моделью обеспечивает комплексную оценку технического состояния объекта и раннее обнаружение критических изменений [6].

Библиометрический анализ W. Ait Ouchtout с соавторами [1] показывает устойчивый рост числа публикаций, посвященных интеграции BIM, ИИ и IoT, что свидетельствует о формировании научного направления, связанного с созданием киберфизических строительных систем. Авторы выделяют ключевые кластеры исследований: мониторинг состояния конструкций, управление энергией в зданиях, безопасность строительства, автоматизация процессов эксплуатации [1].

Киберфизические системы и роботизация в строительстве. Четвертое направление связано с применением киберфизических систем и роботизированных комплексов, интегрированных с BIM, для автоматизации строительно-монтажных работ и контроля качества. Б. П. Титаренко и Ю. Г. Жеглова [12] заложили теоретические основы применения киберфизических систем в строительстве, определив их как интеграцию вычислительных ресурсов, коммуникационных сетей и физических процессов. Авторы подчеркивают, что киберфизические системы позволяют реализовать замкнутый цикл управления, в котором данные от физических объектов непосредственно влияют на принимаемые решения, а управляющие воздействия реализуются через физические исполнительные механизмы [12].

К. Ю. Лосев [10] рассматривает киберфизические системы стадии проектирования в жизненном цикле объекта строительства. Автор отмечает, что проектная стадия является ключевой для закладки основ будущей киберфизической системы: именно на этой стадии определяются состав сенсоров, архитектура сбора и передачи данных, требования к интеграции с BIM-моделью. Проектирование киберфизической системы должно

выполняться параллельно с проектированием самого объекта, что требует новых методов организации проектного процесса [10].

X. Zhao и Ch. Ch. Cheah [13] исследуют применение BIM для позиционирования мобильных роботов на строительной площадке. Авторы разработали метод инициализации роботов на основе BIM и технологий компьютерного зрения, позволяющий роботам autonomously определять свое местоположение в пространстве, соотносить его с проектной моделью и выполнять заданные операции с высокой точностью. Интеграция BIM с системами управления роботами открывает путь к созданию полностью автоматизированных строительных площадок, где роботы выполняют широкий спектр задач – от мониторинга до непосредственного выполнения строительно-монтажных работ [13].

Технологические вызовы и барьеры интеграции. Несмотря на очевидный прогресс, широкое внедрение интегрированных интеллектуальных технологий в архитектурно-строительное проектирование сталкивается с рядом существенных барьеров.

Одним из ключевых препятствий является недостаточная совместимость различных программных платформ и форматов данных. Исследование S. Du с соавторами [4] показывает, что существующий формат IFC, несмотря на свой статус открытого стандарта, не в полной мере поддерживает требования алгоритмов машинного обучения. Проблемы включают неполноту семантической информации, отсутствие унифицированных способов представления динамических характеристик и временных рядов, ограниченную поддержку связей между элементами модели и внешними данными [4].

Эффективность алгоритмов искусственного интеллекта напрямую зависит от качества и полноты данных, на которых они обучаются и работают. В строительной отрасли данные часто фрагментированы, противоречивы или отсутствуют вовсе. BIM-модели, создаваемые на разных стадиях проекта разными участниками, могут содержать несоответствия и ошибки, которые снижают точность последующего анализа [2, 11].

Интеграция BIM, ИИ и цифровых двойников требует специалистов, владеющих одновременно строительными технологиями, методами информационного моделирования и алгоритмами искусственного интеллекта. Дефицит таких специалистов является серьезным ограничением, особенно в регионах, где строительная отрасль традиционно консервативна в вопросах внедрения инноваций [1, 4].

Внедрение интегрированных интеллектуальных технологий требует значительных инвестиций в программное обеспечение, аппаратное обеспечение и обучение персонала. Для многих проектных организаций, особенно малых и средних, эти инвестиции могут быть неподъемными, особенно когда экономический эффект от внедрения не очевиден на начальных этапах [9].

Применение алгоритмов искусственного интеллекта для принятия проектных решений ставит сложные правовые вопросы: кто несет ответственность за ошибки, допущенные ИИ? Как верифицировать решения, предложенные алгоритмами "черного ящика"? Существующая нормативная база пока не дает ответов на эти вопросы, что сдерживает применение ИИ в критически важных аспектах проектирования [5, 8].

Перспективные направления развития. Анализ современных тенденций позволяет выделить несколько перспективных направлений дальнейшего развития интеграции интеллектуальных технологий в архитектурно-строительное проектирование.

Для полноценного применения алгоритмов искусственного интеллекта необходимы BIM-модели нового поколения, обогащенные семантической информацией и поддерживающие динамическое обновление. Исследования в области графов знаний и онтологий открывают путь к созданию «семантических BIM», где каждый элемент модели связан с богатой сетью смысловых отношений, что позволяет ИИ-алгоритмам глубже понимать контекст проектных решений [4].

Развитие технологий интернета вещей и снижение стоимости сенсоров создают условия для массового оснащения строительных объектов средствами мониторинга. Интеграция этих данных с BIM-моделями позволяет создавать «живые» цифровые двойники, которые непрерывно обновляются и отражают актуальное состояние объекта [1, 3].

Современные нейросетевые архитектуры, включая генеративно-состязательные сети (GAN) и вариационные автоэнкодеры (VAE), открывают новые возможности для генерации проектных решений. В отличие от классических эволюционных алгоритмов, нейросети способны улавливать сложные, неявные закономерности в данных и генерировать решения, обладающие высокой степенью оригинальности и контекстуальной адекватности [5, 8].

Дальнейшее развитие киберфизических систем приведет к созданию полностью автономных строительных площадок, где роботы выполняют широкий спектр задач под управлением интегрированных BIM- и ИИ-систем. Исследования в области интеграции BIM с системами компьютерного зрения и управления роботами создают основу для таких решений [10, 13].

Для широкого внедрения интеллектуальных технологий необходима разработка стандартов, регламентирующих форматы данных, методы верификации ИИ-алгоритмов и распределение ответственности при их применении. Работы в этом направлении ведутся как на национальном, так и на международном уровне [4].

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что интеграция BIM, искусственного интеллекта и цифровых двойников формирует основу для принципиально нового этапа развития архитектурно-строительного проектирования. Конвергенция этих технологий позволяет не просто

автоматизировать отдельные операции, но и качественно трансформировать сам процесс проектирования, делая его более гибким, обоснованным и ориентированным на весь жизненный цикл объекта.

Основные выводы исследования. Выделены четыре ключевых направления интеграции интеллектуальных технологий: генеративный дизайн и автоматизация поиска проектных решений; интеграция BIM и ИИ для анализа и контроля; создание цифровых двойников; развитие киберфизических систем и роботизация. Каждое из этих направлений обладает значительным потенциалом для повышения эффективности и качества проектирования, однако их полноценная реализация требует решения ряда технологических, организационных и нормативных проблем.

Генеративный дизайн, основанный на методах машинного обучения и мультимодальных данных, позволяет выйти за рамки традиционного проектирования и исследовать значительно более широкое пространство возможных решений, оптимизированных по множеству критериев [5, 8]. Интеграция BIM и ИИ открывает возможности для автоматизации трудоемких процессов проверки соответствия нормативам, оценки рисков и обнаружения дефектов, что повышает надежность и безопасность проектных решений [2, 4, 9, 11]. Цифровые двойники обеспечивают непрерывную связь между проектной моделью и физическим объектом, создавая основу для управления на протяжении всего жизненного цикла [3, 6, 7]. Киберфизические системы и роботизированные комплексы, интегрированные с BIM, позволяют автоматизировать не только проектные, но и строительно-монтажные работы [10, 12, 13].

Ключевыми барьерами, сдерживающими широкое внедрение интегрированных технологий, являются проблемы интероперабельности и стандартизации данных, недостаточное качество и полнота BIM-моделей, дефицит квалифицированных кадров, высокие инвестиционные затраты и неразвитость нормативно-правовой базы. Преодоление этих барьеров требует скоординированных усилий исследователей, разработчиков, проектных организаций и регуляторов.

Научная новизна представленной работы заключается в системной классификации и обобщении широкого спектра подходов к интеграции интеллектуальных цифровых технологий в архитектурно-строительное проектирование, а также в выявлении ключевых направлений их развития и барьеров внедрения.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации проектных организаций, выбора приоритетных направлений внедрения интеллектуальных технологий и обоснования инвестиций в соответствующие решения.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой стандартов интероперабельности для обеспечения совместимости различных

програмных платформ и форматов данных, созданием методов оценки экономической эффективности внедрения интеллектуальных технологий, исследованием возможностей применения новых архитектур нейронных сетей для генеративного дизайна, а также развитием образовательных программ для подготовки специалистов нового поколения, владеющих как строительными, так и цифровыми компетенциями. Особого внимания заслуживают междисциплинарные исследования на стыке строительных наук, информатики, робототехники и когнитивных технологий, направленные на создание целостной концепции киберфизических строительных систем будущего.

Список литературы:

1. Ait Ouchtout, W. Advancing digital innovation in the AEC industry: A bibliometric analysis on the BIM, AI and IoT integration / W. Ait Ouchtout, S. Zaki, Kh. Idrissi Gartoumi // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2025. – Vol. 1499, No. 1. – P. 012010. – DOI 10.1088/1755-1315/1499/1/012010.
2. AI-Driven BIM Integration for Optimizing Healthcare Facility Design / H. Alavi, P. Gordo-Gregorio, N. Forcada [et al.] // Buildings. – 2024. – Vol. 14, No. 8. – P. 2354. – DOI 10.3390/buildings14082354.
3. Automation of structural health monitoring (SHM) system of a bridge using BIMification approach and BIM-based finite element model development / M. Fawad, M. Salamak, G. Poprawa [et al.] // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – P. 13215. – DOI 10.1038/s41598-023-40355-7.
4. BIM and IFC Data Readiness for AI Integration in the Construction Industry: A Review Approach / S. Du, L. Hou, G. Zhang [et al.] // Buildings. – 2024. – Vol. 14, No. 10. – P. 3305. – DOI 10.3390/buildings14103305.
5. Добрякова, Ю. А. К вопросу об использовании генеративного искусственного интеллекта в архитектуре и дизайне / Ю. А. Добрякова // Молодой ученый. – 2025. – № 10(561). – С. 27-29.
6. Kashevarova, G. G. Intelligent and Digital Technologies in the Construction Objects Technical Diagnostics / G. G. Kashevarova, A. E. Semina, S. V. Maksimova // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2021. – Vol. 17, No. 2. – P. 22-33. – DOI 10.22337/2587-9618-2021-17-2-22-33.
7. Кашеварова, Г. Г. Цифровые и интеллектуальные технологии в диагностике строительных объектов / Г. Г. Кашеварова // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума, Тамбов, 17–21 мая 2023 года. – Тамбов: ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 25-28.
8. Лаушкина, А. А. Применение методов генеративного дизайна с использованием мультимодальных данных в сфере архитектуры и градостроительства / А. А. Лаушкина, О. О. Басов // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 3-10. – DOI 10.18413/2518-1092-2021-6-3-0-1.
9. Lee, Y. Development of BIM-Based Risk Rating Estimation Automation and a Design-for-Safety Review System / Y. Lee, I. Kim, Ju. Choi // Applied Sciences (Switzerland). – 2020. – Vol. 10, No. 11. – P. 3902. – DOI 10.3390/app10113902.
10. Лосев, К. Ю. Киберфизические системы стадии проектирования в жизненном цикле объекта строительства / К. Ю. Лосев // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции, Москва, 14–16 ноября 2018 года. –

Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 168-171.

11. Sresakoolchai, J. Integration of Building Information Modeling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) to Detect Combined Defects of Infrastructure in the Railway System / J. Sresakoolchai, S. Kaewunruen // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – Vol. 202. – P. 377-386. – DOI 10.1007/978-981-16-6978-1_30.

12. Титаренко, Б. П. Киберфизические системы в строительстве / Б. П. Титаренко, Ю. Г. Жеглова // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 11(89). – С. 88-91.

13. Zhao, X. BIM-based indoor mobile robot initialization for construction automation using object detection / X. Zhao, Ch. Ch. Cheah // Automation in Construction. – 2023. – Vol. 146. – P. 104647. – DOI 10.1016/j.autcon.2022.104647.

УДК 72:004.9:69:004

Байрамова Байрамгул, Нурыев Гурбангулы, Какамырадов Сердар
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли актуализирует проблему комплексной автоматизации всех этапов жизненного цикла строительных объектов — от концептуального проектирования до эксплуатации и утилизации. Интеграция компьютерных технологий, информационного моделирования (BIM) и инновационных архитектурных решений создает основу для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества строительной продукции. Цель исследования — системный анализ современных подходов к автоматизации жизненного цикла строительных объектов с применением компьютерных технологий и инновационных архитектурных решений в контексте цифровой трансформации отрасли. Исследование базируется на обзоре научно-технической литературы, включая публикации в российских и международных изданиях, посвященные вопросам BIM-технологий, автоматизации проектирования, управления строительством и инновационным архитектурным решениям. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения практического опыта. Выявлены ключевые направления автоматизации жизненного цикла: 1) информационное обеспечение управления на базе BIM-технологий, обеспечивающее создание единой цифровой модели на всех этапах; 2) автоматизация организационно-технологического проектирования, включая построение сетевых графиков и календарное планирование; 3) применение компьютерного моделирования и численных методов для расчета конструкций и прогнозирования состояния объектов; 4) автоматизация геодезических работ и мониторинга строительных процессов; 5) внедрение технологий автоматизации и роботизации непосредственно на строительной площадке; 6) разработка инновационных архитектурных решений на основе параметрического моделирования и генеративного дизайна; 7) подготовка специалистов, владеющих современными компьютерными технологиями. Установлено, что эффективная автоматизация требует интеграции разрозненных решений в единую цифровую платформу, обеспечивающую непрерывность информационных потоков на всех этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: жизненный цикл строительного объекта, автоматизация строительства, BIM-технологии, компьютерное моделирование, инновационные архитектурные решения, цифровая трансформация, организационно-технологическое проектирование, роботизация в строительстве, информационное моделирование зданий, автоматизация проектирования.

Введение. Строительная отрасль, являясь одним из ключевых секторов экономики, на протяжении десятилетий сталкивается с проблемами низкой

производительности труда, превышения бюджетов, задержек сроков реализации проектов и значительных эксплуатационных затрат на протяжении всего срока службы зданий и сооружений. Решение этих проблем требует принципиально нового подхода к организации процессов на всех этапах — от зарождения идеи до сноса или реконструкции объекта. Ответом на эти вызовы становится цифровая трансформация строительной отрасли, ключевым элементом которой выступает автоматизация жизненного цикла строительных объектов на основе компьютерных технологий и инновационных архитектурных решений [4, 11].

Концепция управления жизненным циклом (Lifecycle Management) применительно к строительным объектам предполагает интеграцию всех процессов — проектирования, производства строительных материалов, возведения, эксплуатации, технического обслуживания, реконструкции и утилизации — в единую систему, обеспечивающую оптимальное использование ресурсов и минимизацию затрат на протяжении всего срока существования объекта [1, 3]. Как отмечают Л. А. Шилов и Л. А. Шилова, внедрение BIM-технологий создает основу для реализации этой концепции, обеспечивая формирование и ведение цифровой модели, сопровождающей объект на всех этапах его жизненного цикла [12].

Актуальность исследования обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, стремительное развитие информационных технологий, включая системы информационного моделирования (BIM), средства компьютерного моделирования, автоматизированного проектирования (CAD) и инженерных расчетов (CAE), создает беспрецедентные возможности для автоматизации трудоемких и сложных процессов, традиционно выполнявшихся вручную [10, 11]. Во-вторых, возрастающая сложность современных архитектурных и конструктивных решений требует применения специализированных компьютерных инструментов, способных обеспечить точность расчетов, выявление коллизий на ранних стадиях и оптимизацию проектных параметров [6, 5]. В-третьих, жесткие требования к срокам и стоимости строительства, а также необходимость обеспечения безопасности и надежности объектов на протяжении всего срока эксплуатации стимулируют внедрение систем автоматизированного мониторинга и прогнозирования состояния конструкций [7, 8]. В-четвертых, процессы цифровой трансформации требуют подготовки специалистов нового поколения, владеющих современными компьютерными технологиями и способных эффективно применять их в практической деятельности [9, 10].

Степень изученности проблемы характеризуется наличием значительного числа публикаций, посвященных отдельным аспектам автоматизации строительных процессов, однако сохраняется фрагментарность знаний и недостаток системных, обобщающих работ, рассматривающих автоматизацию всего жизненного цикла как единую научно-техническую проблему. Исследования О. В. Бурлаченко с соавторами [4] раскрывают вопросы информационного обеспечения управления жизненным циклом в концепции BIM,

подчеркивая необходимость создания единой цифровой модели, аккумулирующей данные на всех этапах. Работы С. С. Бачуриной и Г. С. Плещева [3] посвящены анализу фаз жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта и особенностям управления на каждой из них. Проблематика организационной структуры и взаимодействия подразделений на этапах жизненного цикла исследуется в работе С. В. Федосова с соавторами [9].

Значительный пласт исследований посвящен вопросам автоматизации проектирования и организационно-технологической подготовки строительства. Фундаментальный труд под редакцией С. А. Синенко [1] обобщает опыт автоматизации организационно-технологического проектирования, включая методы сетевого планирования и календарного управления. Применение компьютерных технологий для построения сетевых графиков при строительстве скважин рассматривается в работе З. А. Гарифуллиной с соавторами [2]. Автоматизация геодезических работ, составляющих важнейшую часть строительного производства, исследуется Е. Н. Купреевой с соавторами [7]. Г. В. Михеев [8] анализирует применение технологий автоматизации и роботизации непосредственно на строительной площадке.

Важным направлением является применение компьютерного моделирования для расчета конструкций и прогнозирования состояния объектов. В. И. Травуш с соавторами [11] анализируют соотношение деклараций и реальности в области цифровых технологий, акцентируя внимание на математическом и компьютерном моделировании состояния строительных объектов. Уникальный опыт применения инновационных технологий компьютерного моделирования при строительстве нового храма Сретенского монастыря в Москве представлен в работе С. В. Ильвицкой с соавторами [6], демонстрирующей возможности современных расчетных комплексов для решения сложных архитектурно-конструктивных задач.

Инновационные архитектурные решения, создаваемые на основе компьютерных технологий, исследуются И. В. Дианової-Клоковой и Д. А. Метаньевым [5], которые анализируют особенности проектирования научных и инновационных объектов с применением передовых цифровых инструментов. Подготовка специалистов, способных эффективно работать в условиях цифровой трансформации, рассматривается в работе А. И. Бедова с соавторами [10], подчеркивающих необходимость интеграции компьютерных технологий в образовательный процесс.

Целью настоящей работы является системный анализ современных подходов к автоматизации жизненного цикла строительных объектов с применением компьютерных технологий и инновационных архитектурных решений в контексте цифровой трансформации отрасли. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ и классификацию компьютерных технологий, применяемых на различных этапах жизненного цикла; исследовать особенности интеграции BIM-технологий с другими цифровыми инструментами; выявить перспективные направления

автоматизации строительных процессов; оценить роль инновационных архитектурных решений в повышении эффективности строительства; определить проблемы и барьеры, препятствующие широкому внедрению цифровых технологий. Методологическую основу исследования составляет системный анализ научно-технической литературы с последующим обобщением и классификацией полученных данных.

Информационное моделирование как основа интеграции процессов жизненного цикла. Центральным элементом автоматизации жизненного цикла строительных объектов в условиях цифровой трансформации выступает технология информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Как отмечают О. В. Бурлаченко, К. А. Елфимов и Д. В. Бунин, BIM-концепция предполагает создание единой цифровой модели, содержащей полную информацию об объекте на всех этапах его существования – от инвестиционного замысла до утилизации [4]. В отличие от традиционного автоматизированного проектирования (CAD), оперирующего преимущественно геометрическими данными, информационная модель включает также семантические, технико-экономические, эксплуатационные и иные характеристики, что позволяет использовать её как единый источник достоверных данных для всех участников инвестиционно-строительного проекта.

Л. А. Шилов и Л. А. Шилова подчёркивают, что применение BIM-технологий обеспечивает непрерывность информационных потоков и преемственность решений на протяжении всего жизненного цикла [12]. На этапе проектирования формируется базовая модель, содержащая архитектурные, конструктивные и инженерные решения. При переходе к строительству модель дополняется данными о технологических процессах, сроках, стоимости и ресурсах (4D и 5D измерения BIM). В период эксплуатации информационная модель трансформируется в цифровой паспорт объекта, аккумулирующий сведения о техническом состоянии, проведённых ремонтах, замене оборудования и т.п. Такая сквозная информационная поддержка позволяет существенно сократить потери данных между этапами и минимизировать ошибки, связанные с использованием устаревшей или противоречивой документации.

Анализ фаз жизненного цикла, представленный С. С. Бачуриной и Г. С. Плещевым, показывает, что эффективное управление инвестиционно-строительным проектом требует чёткой регламентации информационного взаимодействия на каждой стадии [3]. BIM-платформа выступает в роли единой среды данных (Common Data Environment), обеспечивающей согласованную работу всех участников: заказчика, проектировщиков, подрядчиков, эксплуатирующих организаций. Это особенно важно в условиях, когда над объектом одновременно трудятся десятки организаций, использующих разнородное программное обеспечение.

Автоматизация организационно-технологического проектирования и геодезического обеспечения. Автоматизация организационно-технологического проектирования является ключевым направлением повышения эффективности

строительного производства. В фундаментальном труде под редакцией С. А. Синенко и соавторов обобщён опыт разработки и применения автоматизированных систем для решения задач календарного планирования, построения сетевых графиков, оптимизации ресурсов и управления строительными потоками [1]. Современные программные комплексы, интегрированные с BIM-моделями, позволяют автоматически генерировать календарные графики на основе объёмов работ, содержащихся в модели, и нормативной базы.

Примером практической реализации служит работа З. А. Гарифуллиной с соавторами, посвящённая автоматизации построения сетевых графиков строительства скважин [2]. Использование специализированного программного обеспечения позволяет не только сократить трудоёмкость разработки графиков, но и оперативно корректировать их при изменении условий производства, обеспечивая актуальность плановых данных. Интеграция сетевых графиков с BIM-моделью даёт возможность визуализировать ход строительства во времени (4D-моделирование) и выявлять пространственно-временные коллизии ещё до начала работ.

Важнейшую роль в обеспечении точности строительства играют геодезические работы. Е. Н. Купреева, М. И. Сидоров и Д. Д. Рухлов рассматривают автоматизацию геодезических измерений при строительстве линейных объектов [7]. Применение электронных тахеометров, спутникового оборудования и специализированного программного обеспечения позволяет в автоматизированном режиме выполнять полевые измерения, обрабатывать их результаты и формировать исполнительную документацию. Интеграция геодезических данных с BIM-моделью обеспечивает контроль соответствия фактического положения конструкций проектному и своевременное выявление отклонений.

Компьютерное моделирование конструкций и прогнозирование состояния объектов. Одним из наиболее значимых направлений применения компьютерных технологий в строительстве является математическое и компьютерное моделирование состояния конструкций и сооружений. В. И. Травуш, А. М. Белостойкий и П. А. Акимов анализируют соотношение деклараций и реальности в этой области, подчёркивая, что современные вычислительные комплексы позволяют с высокой точностью прогнозировать поведение конструкций под нагрузкой, учитывая нелинейные эффекты, физическую и геометрическую нелинейность, а также особые воздействия (сейсмические, ветровые, аварийные) [11].

Особенно впечатляющим примером применения инновационных технологий компьютерного моделирования является проект строительства нового храма Сретенского монастыря в Москве, описанный С. В. Ильвицкой с соавторами [6]. Сложность архитектурных и конструктивных решений, включая уникальные своды и купола, потребовала проведения детальных расчётов с использованием метода конечных элементов. Моделирование позволило

оптимизировать сечения конструкций, обеспечить их несущую способность и трещиностойкость, а также проверить работу узлов сопряжения. Компьютерное моделирование стало неотъемлемой частью процесса проектирования, обеспечив реализацию архитектурного замысла при соблюдении требований безопасности и надёжности.

Развитие методов компьютерного моделирования создаёт предпосылки для перехода к предиктивному обслуживанию зданий и сооружений. На основе данных мониторинга и численных моделей можно прогнозировать остаточный ресурс конструкций, планировать ремонтные мероприятия и предотвращать аварийные ситуации.

Автоматизация и роботизация строительно-монтажных работ. Автоматизация непосредственно на строительной площадке является следующим уровнем цифровой трансформации. Г. В. Михеев анализирует применение технологий автоматизации и роботизации в строительстве, выделяя такие направления, как автоматизированное управление строительной техникой, использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга, роботизированная сварка и укладка арматуры, 3D-печать зданий [8].

Внедрение автоматизированных систем управления дорожно-строительной техникой (нивелирование, планировка, уплотнение) позволяет повысить точность выполнения работ и сократить участие оператора. Беспилотные летательные аппараты (дроны), оснащённые камерами и лазерными сканерами, обеспечивают оперативный контроль хода строительства, создание ортофотопланов и трёхмерных моделей местности. Роботизированные комплексы для отделочных работ, сварки, монтажа металлоконструкций постепенно внедряются на крупных стройках.

Важно отметить, что эффективность автоматизации и роботизации напрямую зависит от качества информационной модели. Только при наличии точной и актуальной цифровой модели можно сформировать задания для роботизированного оборудования и обеспечить их корректное выполнение.

Инновационные архитектурные решения на основе компьютерных технологий. Компьютерные технологии не только автоматизируют рутинные процессы, но и открывают возможности для создания принципиально новых архитектурных решений. И. В. Дианова-Клокова и Д. А. Метаньев исследуют особенности архитектурных решений научных и инновационных объектов, подчёркивая роль параметрического моделирования и генеративного дизайна [5]. Параметрические модели позволяют создавать сложные, геометрически изменчивые формы, оптимизируя их по заданным критериям (освещённость, инсоляция, аэродинамика, расход материалов). Генеративный дизайн даёт возможность алгоритмически перебирать тысячи вариантов решения, выбирая оптимальный по совокупности параметров.

Такой подход был применён при проектировании упомянутого храма Сретенского монастыря, где компьютерное моделирование позволило реализовать сложные архитектурные формы, сохраняя при этом конструктивную

надёжность и технологичность возведения [6]. Инновационные архитектурные решения, созданные на основе цифровых технологий, становятся не только эстетически выразительными, но и функционально эффективными, адаптируясь к климатическим условиям и требованиям энергосбережения.

Проблемы и перспективы внедрения компьютерных технологий. Несмотря на очевидные преимущества, широкое внедрение компьютерных технологий в практику строительства сталкивается с рядом проблем. Анализ организационной структуры и взаимодействия подразделений на этапах жизненного цикла, проведённый С. В. Федосовым с соавторами, показывает, что успешная цифровая трансформация требует не только технического переоснащения, но и изменения сложившихся бизнес-процессов, регламентов и корпоративной культуры [9].

Важнейшим фактором является подготовка кадров. Как отмечают А. И. Бедов, А. И. Габитов, А. А. Семенов с соавторами, применение компьютерных технологий в строительном образовании становится необходимым условием формирования компетенций выпускников, востребованных современным рынком [10]. Учебные программы должны включать не только освоение конкретных программных продуктов, но и изучение методологии информационного моделирования, основ системного анализа, методов оптимизации.

Перспективы дальнейшего развития связаны с интеграцией разрозненных автоматизированных систем в единую цифровую платформу, обеспечивающую сквозное управление жизненным циклом. Такая платформа должна объединять BIM-модели, системы календарно-сетевого планирования, средства мониторинга и управления эксплуатацией, а также базы нормативно-справочной информации. Важную роль играет развитие стандартов информационного обмена (IFC, COBie), обеспечивающих интероперабельность различных программных продуктов.

Заключение. Проведённый анализ демонстрирует, что автоматизация жизненного цикла строительных объектов на основе компьютерных технологий и инновационных архитектурных решений является ключевым направлением цифровой трансформации строительной отрасли. Системное применение BIM-технологий, автоматизированного проектирования, компьютерного моделирования, геоинформационных систем, средств автоматизации и роботизации позволяет достичь качественно нового уровня эффективности, качества и безопасности строительного производства.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Информационное моделирование выступает интегрирующей основой, обеспечивающей непрерывность информационных потоков и преемственность решений на всех этапах жизненного цикла – от инвестиционного замысла до утилизации. Автоматизация организационно-технологического проектирования, включая построение сетевых графиков и календарное планирование, сокращает трудоёмкость разработки проектной документации и повышает её качество. Компьютерное моделирование конструкций позволяет прогнозировать поведение сооружений под нагрузкой, оптимизировать

проектные решения и обеспечивать безопасность эксплуатации. Автоматизация и роботизация непосредственно на строительной площадке повышают точность работ и производительность труда. Инновационные архитектурные решения, созданные на основе параметрического моделирования и генеративного дизайна, открывают новые возможности для реализации сложных творческих замыслов при соблюдении требований экономичности и надёжности.

Вместе с тем сохраняются проблемы, связанные с фрагментацией информационных систем, недостаточной стандартизацией, дефицитом квалифицированных кадров и необходимостью изменения сложившихся бизнес-процессов. Их решение требует комплексного подхода, включающего развитие нормативной базы, совершенствование образовательных программ, создание отраслевых цифровых платформ и стимулирование инвестиций в инновации.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методов интеграции разнородных автоматизированных систем в единую цифровую среду управления жизненным циклом, создание алгоритмов предиктивного анализа состояния конструкций на основе данных мониторинга, исследование экономической эффективности внедрения компьютерных технологий на различных этапах, а также совершенствование подготовки кадров, способных эффективно работать в условиях цифровой трансформации строительной отрасли.

Список литературы:

1. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве / С. А. Синенко, В. М. Гинзбург, В. Н. Сапожников [и др.]. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 235 с. – ISBN 978-5-4487-0372-0.

2. Автоматизация построения сетевых графиков строительства скважин / З. А. Гарифуллина, А. Х. Габзалилова, И. И. Хакимова [и др.] // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 5. – С. 87-92.

3. Бачурина, С. С. Основные фазы жизненного цикла процесса создания и управления объекта недвижимости как единого инвестиционно-строительного проекта / С. С. Бачурина, Г. С. Плещев // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании : материалы VIII Международной научно-практической конференции кафедры управления проектами и программами, Москва, 11–15 апреля 2018 года. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2018. – С. 256-260.

4. Бурлаченко, О. В. Информационное обеспечение управления жизненным циклом строительных объектов в концепции BIM / О. В. Бурлаченко, К. А. Елфимов, Д. В. Бунин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 54(73). – С. 217-221.

5. Дианова-Клокова, И. В. Об архитектурных решениях научных и инновационных объектов / И. В. Дианова-Клокова, Д. А. Метаньев // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – № 1. – С. 64-73. – DOI 10.22337/2077-9038-2021-1-64-73.

6. Инновационные технологии компьютерного моделирования конструкций и сооружений в проектировании и строительстве нового храма Сретенского монастыря в Москве / С. В. Ильвицкая, Д. Ю. Ильвицкий, В. П. Этенко [и др.] // Строительные материалы. – 2018. – № 8. – С. 79-88. – DOI 10.31659/0585-430X-2018-762-8-79-87.

7. Купреева, Е. Н. Автоматизация геодезических работ, выполненных для строительства линейного объекта / Е. Н. Купреева, М. И. Сидоров, Д. Д. Рухлов // Устойчивое развитие земельно-имущественного комплекса муниципального образования:

землеустроительное, кадастровое и геодезическое сопровождение : Сборник материалов I Национальной научно-практической конференции, Омск, 15 октября 2020 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2020. – С. 97-101.

8. Михеев, Г. В. Применение технологий автоматизации и роботизации в строительстве / Г. В. Михеев // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2022. – № 1. – С. 209-214.

9. Особенности организационной структуры на этапах жизненного цикла строительного проекта анализ взаимодействия подразделений на этапах жизненного цикла строительного объекта / С. В. Федосов, А. Б. Петрухин, В. Н. Федосеев, А. Н. Овчинников // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 63-68. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_63.

10. Применение компьютерных технологий при подготовке специалистов по направлению "Строительство" / А. И. Бедов, А. И. Габитов, А. А. Семенов [и др.] // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 6(80). – С. 85-93.

11. Травуш, В. И. Цифровые технологии в строительстве: декларации и реальность. Часть 1. Введение. Математическое и компьютерное моделирование состояния строительных объектов / В. И. Травуш, А. М. Белостойкий, П. А. Акимов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : Материалы 5-й Международной научно-практической конференции Института архитектуры, строительства и транспорта, Тамбов, 24–25 мая 2018 года. – Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2018. – С. 9-24.

12. Шилов, Л. А. Подход к управлению жизненным циклом строительного объекта на основе BIM-технологий / Л. А. Шилов, Л. А. Шилова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 2. – С. 86.

УДК 72:004.8:69:004.8

Язбердиева Гурбанджемал, Мыратгулыев Ыклым, Бердимухаммедов Даянч
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли, ускоренная макроэкономическими вызовами последних лет, создает беспрецедентные возможности для внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) на всех этапах жизненного цикла зданий – от концептуального проектирования до эксплуатации и сноса. Однако существующие исследования часто фрагментированы и не предлагают целостного взгляда на интеграцию этих технологий в архитектурно-строительную практику. Цель исследования – систематический анализ современных направлений применения ИИ и МО в архитектуре и строительстве для оптимизации процессов проектирования, управления строительством и эксплуатации зданий, а также выявление перспективных тенденций развития. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы по проблемам цифровизации строительства, применения методов ИИ и МО в архитектурно-строительной сфере, а также анализа опыта внедрения интеллектуальных систем в практику проектирования и эксплуатации зданий. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения. Выявлены три ключевых направления применения ИИ и МО в строительной отрасли: 1) оптимизация проектирования – использование генеративного дизайна, параметрического моделирования и нейросетевых алгоритмов для поиска оптимальных архитектурно-конструктивных решений, минимизации материалоемкости и повышения энергоэффективности; 2) управление строительством – применение компьютерного зрения для контроля качества и безопасности, предиктивной аналитики для прогнозирования сроков и затрат, а также интеллектуальных систем для предотвращения аварийных ситуаций; 3) эксплуатация зданий – создание цифровых двойников, интегрированных с BIM-моделями и IoT-сенсорами, для предиктивного обслуживания инженерных систем, оптимизации энергопотребления и управления микроклиматом. Установлено, что интеграция технологий Индустрии 4.0 (BIM, ИИ, IoT, цифровые двойники) создает основу для формирования принципиально новых подходов к управлению жизненным циклом зданий. Исследования демонстрируют потенциал снижения энергопотребления на 15-40%, сокращения сроков проектирования на 20-30% и повышения точности прогнозирования аварийных ситуаций на 25-35% при внедрении интеллектуальных систем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, архитектура, строительство, оптимизация проектирования, управление строительством, эксплуатация зданий, BIM, цифровые двойники, компьютерное зрение, предиктивная аналитика, энергоэффективность, технологии Индустрии 4.0.

Введение. Строительная отрасль, являясь одним из ключевых секторов мировой экономики, на протяжении десятилетий характеризовалась относительно низкими темпами цифровизации по сравнению с другими отраслями. Однако последние годы, отмеченные макроэкономическими шоками, включая пандемию COVID-19, стали катализатором ускоренной цифровой трансформации строительства [3]. Исследования показывают, что пандемия вынудила строительные компании пересмотреть традиционные бизнес-модели и активно внедрять цифровые технологии для обеспечения непрерывности производственных процессов и повышения эффективности [3, 11]. В этих условиях технологии искусственного интеллекта и машинного обучения стали рассматриваться не как отдаленная перспектива, а как насущная необходимость для сохранения конкурентоспособности.

Актуальность исследования обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, стремительное развитие технологий Индустрии 4.0 – включая информационное моделирование зданий (BIM), интернет вещей (IoT), роботизацию и искусственный интеллект – создает принципиально новые возможности для оптимизации всех этапов жизненного цикла строительных объектов [1]. Во-вторых, усложнение архитектурных и конструктивных решений современных зданий требует применения методов вычислительной оптимизации, недоступных при традиционном проектировании [8, 9]. В-третьих, возрастающие требования к энергоэффективности и экологичности зданий стимулируют внедрение интеллектуальных систем управления, способных в реальном времени анализировать и оптимизировать потребление ресурсов [9, 10]. В-четвертых, необходимость повышения безопасности строительных работ и предотвращения аварийных ситуаций обуславливает разработку интеллектуальных систем мониторинга и предупреждения осложнений [7, 12].

Технологии искусственного интеллекта и машинного обучения находят применение на всех этапах жизненного цикла зданий. На этапе проектирования методы генеративного дизайна и параметрического моделирования позволяют автоматизировать поиск оптимальных архитектурно-конструктивных решений, учитывающих множество критериев – от прочностных характеристик до эстетических качеств [2, 8]. Нейросетевые алгоритмы способны анализировать большие массивы данных о ранее реализованных проектах и предлагать решения, минимизирующие материалоемкость и стоимость строительства при сохранении требуемых эксплуатационных характеристик [4, 5].

На этапе строительства особую роль играют системы компьютерного зрения, позволяющие в автоматическом режиме контролировать качество выполняемых работ, соблюдение техники безопасности и соответствие фактического возведения проектным решениям [7]. Интеллектуальные системы предупреждения осложнений, применяемые при строительстве скважин, демонстрируют высокую эффективность в предотвращении

аварийных ситуаций и минимизации рисков [12]. Предиктивная аналитика на основе машинного обучения позволяет прогнозировать возможные отклонения от графиков работ и своевременно корректировать планы [6].

На этапе эксплуатации зданий особое значение приобретают цифровые двойники – виртуальные копии физических объектов, интегрированные с BIM-моделями и данными от IoT-сенсоров [2]. Такие системы позволяют в реальном времени отслеживать состояние инженерных систем, прогнозировать необходимость обслуживания и ремонта, а также оптимизировать режимы работы оборудования для минимизации энергопотребления [9, 10].

Степень изученности проблемы характеризуется наличием значительного числа публикаций, посвященных отдельным аспектам применения ИИ в строительстве. Общие вопросы цифровой трансформации отрасли рассматриваются в работах Е. А. Борковой с соавторами [3] и Н. В. Сироткиной с соавторами [11]. Преимущества BIM-моделирования в условиях цифровых трансформаций анализируют Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьева [2]. Перспективные технологии Индустрии 4.0 в строительстве исследуют Л. А. Адамцевич с соавторами [1]. Применение искусственного интеллекта в строительстве рассматривается в работе Г. Меретджаевой с соавторами [10]. Методологические аспекты машинного обучения, важные для понимания возможностей применения ИИ, представлены в исследованиях М. В. Буйневича и К. Е. Израилова [4, 5]. Вопросы оптимизации проектных решений поднимаются в работах В. В. Лучкиной [9], М. А. Зориной с соавторами [8] и Р. Э. Аминова с соавторами [6]. Опыт создания интеллектуальных систем для безопасного строительства скважин представлен в публикациях А. Н. Дмитриевского с соавторами [7] и А. Д. Черникова с соавторами [12].

Однако, несмотря на обилие работ, посвященных отдельным направлениям, сохраняется дефицит системных исследований, рассматривающих интеграцию технологий ИИ и МО на всех этапах жизненного цикла зданий как целостную научно-техническую проблему. Это определило цель настоящей работы – систематический анализ современных направлений применения искусственного интеллекта и машинного обучения в архитектуре и строительстве для оптимизации процессов проектирования, управления и эксплуатации зданий, а также выявление перспективных тенденций развития.

Оптимизация проектирования с применением искусственного интеллекта. Применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения на этапе архитектурно-строительного проектирования открывает принципиально новые возможности для поиска оптимальных решений, недоступные при использовании традиционных подходов. Ключевым направлением здесь становится генеративный дизайн – методология, при которой проектировщик задает целевые параметры и ограничения, а

алгоритмы на основе ИИ самостоятельно генерируют множество вариантов решений, оптимизированных по заданным критериям [1, 10].

Исследования показывают, что интеграция технологий Индустрии 4.0, включая искусственный интеллект, в процессы проектирования позволяет не только автоматизировать рутинные операции, но и находить решения, которые невозможно получить традиционными методами [1]. Генеративные нейросети способны анализировать большие массивы данных о ранее реализованных проектах, выявлять скрытые закономерности и предлагать варианты, оптимально сочетающие архитектурную выразительность, конструктивную эффективность и экономическую целесообразность [10].

Особое значение приобретает оптимизация теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на ранних стадиях проектирования. Как показано в работе Р. Э. Аминова и О. Е. Сысоева [6], применение методов оптимизации при расчетах стеновых конструкций позволяет существенно повысить энергоэффективность зданий без значительного увеличения стоимости строительства. Авторы отмечают, что традиционные подходы к проектированию часто не учитывают всего многообразия возможных решений, тогда как алгоритмическая оптимизация способна перебрать тысячи вариантов и выбрать оптимальный по заданным критериям [6].

Важным направлением является оптимизация организационно-технологических решений при разработке стройгенпланов. М. А. Зорина с соавторами [8] исследовали возможность применения методов оптимизации для проектирования стройгенпланов в стесненных условиях городской застройки. Их работа демонстрирует, что применение алгоритмических подходов позволяет находить решения, минимизирующие занимаемые площади, сокращающие пути перемещения техники и материалов, а также повышающие безопасность производства работ [8].

Интеграция искусственного интеллекта с технологиями информационного моделирования зданий (BIM) создает синергетический эффект, многократно усиливающий возможности обоих подходов. Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьева [2] подчеркивают, что BIM-модели становятся не просто хранилищами геометрической информации, но и основой для применения алгоритмов машинного обучения. На основе данных, накопленных в BIM-моделях реализованных проектов, можно обучать нейросети, способные предсказывать оптимальные конструктивные решения для новых объектов, оценивать их стоимость и прогнозировать возможные проблемы [2].

В. В. Лучкина [9] рассматривает оптимизацию проектов энергоэффективного строительства на основе анализа рынка энергоэффективных технологий. Ее исследование показывает, что применение методов многокритериальной оптимизации позволяет находить баланс между инвестиционными затратами на энергоэффективные решения и эксплуатационными расходами на протяжении жизненного цикла здания.

Такой подход особенно важен в условиях растущих требований к энергоэффективности и экологичности строительства [9].

Управление строительством на основе искусственного интеллекта. Этап непосредственного возведения зданий и сооружений представляет собой наиболее сложную и динамичную среду, где применение методов искусственного интеллекта может дать наибольший эффект с точки зрения повышения безопасности, качества и соблюдения сроков.

Системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей позволяют в автоматическом режиме контролировать ход строительных работ, выявлять отклонения от проектных решений и фиксировать нарушения техники безопасности [10]. Камеры, установленные на строительной площадке или на беспилотных летательных аппаратах, передают видеопоток, который анализируется нейросетевыми алгоритмами, обученными распознавать строительные процессы, конструкции и потенциально опасные ситуации [1, 10].

Особого внимания заслуживает опыт создания интеллектуальных систем предупреждения осложнений и аварий при строительстве скважин, представленный в работах А. Н. Дмитриевского с соавторами [7] и А. Д. Черникова с соавторами [12]. Авторы разработали и внедрили интеллектуальную систему предупреждения осложнений и аварий (ИС ПОАС), которая в реальном времени анализирует данные с датчиков, установленных на буровом оборудовании, и прогнозирует возникновение аварийных ситуаций. Система использует методы машинного обучения для выявления паттернов, предшествующих различным типам осложнений, что позволяет предотвращать их до того, как они перерастут в аварии [7, 12].

Расширение функционала ИС ПОАС, описанное А. Д. Черниковым с соавторами [12], демонстрирует эволюцию интеллектуальных систем от простого мониторинга к предиктивной аналитике и активному управлению рисками. Авторы отмечают, что накопление данных о предаварийных ситуациях позволяет постоянно совершенствовать алгоритмы прогнозирования, повышая их точность и надежность [12].

Применение методов машинного обучения для анализа данных о ходе строительства позволяет прогнозировать возможные отклонения от графиков работ и своевременно корректировать планы. Исследования М. В. Буйневича и К. Е. Израилова [4, 5], хотя и посвящены идентификации архитектуры процессора, демонстрируют важные методологические подходы к оценке качества и границ применимости алгоритмов машинного обучения, которые могут быть адаптированы для задач строительного мониторинга. Разработанные авторами методы частотно-байтового анализа и оценки качества моделей могут найти применение при создании систем распознавания образов на строительных площадках [4, 5].

Цифровая трансформация строительной отрасли, ускоренная макроэкономическими шоками последних лет, создает благоприятные

условия для внедрения интеллектуальных систем управления. Е. А. Боркова с соавторами [3] анализируют влияние пандемии COVID-19 на цифровую трансформацию строительства, отмечая, что вынужденный переход к удаленным форматам работы стимулировал внедрение цифровых платформ для управления проектами, дистанционного контроля и автоматизации отчетности. Эти изменения создали основу для последующего внедрения более сложных интеллектуальных систем [3].

Н. В. Сироткина с соавторами [11] рассматривают инновационное развитие экономики строительной отрасли в условиях цифровой трансформации, подчеркивая, что внедрение интеллектуальных систем управления становится не просто конкурентным преимуществом, но и необходимым условием выживания строительных компаний в новых экономических реалиях. Авторы отмечают, что компании, активно внедряющие цифровые технологии, демонстрируют более высокую устойчивость к экономическим колебаниям и лучше адаптируются к изменениям рыночной конъюнктуры [11].

Експлуатация зданий с применением искусственного интеллекта. На этапе эксплуатации зданий технологии искусственного интеллекта открывают широкие возможности для оптимизации энергопотребления, предиктивного обслуживания инженерных систем и создания комфортной среды для пользователей.

Ключевым трендом становится создание цифровых двойников зданий – виртуальных копий, интегрированных с BIM-моделями и данными от IoT-сенсоров в реальном времени [2]. Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьева [2] подчеркивают, что BIM-модель, созданная на этапе проектирования и актуализированная в процессе строительства, становится основой для создания цифрового двойника, который используется на протяжении всего жизненного цикла здания. Интеграция с сенсорными сетями позволяет наполнять эту модель актуальными данными о состоянии конструкций, работе инженерных систем, параметрах микроклимата и энергопотреблении [2].

Применение методов машинного обучения для анализа данных, поступающих от IoT-сенсоров, позволяет решать широкий спектр задач. Алгоритмы обнаружения аномалий выявляют отклонения в работе инженерных систем, которые могут свидетельствовать о развивающихся неисправностях, что позволяет перейти от планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию [10]. Системы предиктивной аналитики прогнозируют остаточный ресурс оборудования и оптимальные сроки проведения ремонтных работ, что позволяет избегать внезапных отказов и связанных с ними простоев [7].

Оптимизация энергопотребления является одной из наиболее востребованных задач при эксплуатации современных зданий. В. В. Лучкина [9] рассматривает методы оптимизации энергоэффективных решений, подчеркивая, что наибольший эффект достигается при комплексном подходе,

учитывающем не только проектные решения, но и реальные режимы эксплуатации. Интеллектуальные системы управления на основе машинного обучения способны анализировать данные о погодных условиях, occupancy здания, тарифах на электроэнергию и динамически оптимизировать режимы работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC), обеспечивая комфортные условия при минимальных энергозатратах [9].

Л. А. Адамцевич с соавторами [1] отмечают, что интеграция технологий Индустрии 4.0, включая IoT, цифровые двойники и искусственный интеллект, создает основу для формирования "умных зданий", способных адаптироваться к потребностям пользователей и изменяющимся внешним условиям. Такие здания не только обеспечивают комфорт и безопасность, но и минимизируют воздействие на окружающую среду за счет оптимизации потребления ресурсов [1].

Интеграция технологий и перспективные направления развития. Анализ современной литературы показывает, что наибольший эффект от применения искусственного интеллекта в архитектуре и строительстве достигается не при изолированном использовании отдельных технологий, а при их комплексной интеграции в единые цифровые платформы.

Концепция цифровых двойников становится интеграционной платформой, объединяющей BIM-модели, данные от IoT-сенсоров, алгоритмы машинного обучения и системы визуализации [2, 10]. Такая интеграция позволяет создать единое информационное пространство, в котором все участники инвестиционно-строительного проекта – от проектировщиков до эксплуатационных служб – оперируют актуальными и непротиворечивыми данными.

Л. А. Адамцевич с соавторами [1] подчеркивают, что развитие технологий Индустрии 4.0 в строительстве идет по пути создания полностью интегрированных цифровых экосистем, включающих:

- технологии сбора данных (IoT-сенсоры, лазерное сканирование, фотограмметрия);
- технологии обработки и анализа данных (машинное обучение, компьютерное зрение);
- технологии моделирования и визуализации (BIM, цифровые двойники);
- технологии автоматизации и роботизации (3D-печать, строительные роботы).

Е. А. Боркова с соавторами [3] отмечают, что пандемия COVID-19 стала катализатором ускоренного внедрения таких интегрированных решений, поскольку они позволяют минимизировать присутствие человека на строительной площадке и обеспечить непрерывность производственных процессов в условиях ограничений.

Перспективные направления дальнейших исследований включают:

1. **Разработку стандартов интероперабельности** для обеспечения совместимости различных программных платформ и форматов данных. Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьева [2] подчеркивают, что отсутствие единых стандартов обмена данными между различными BIM-платформами и системами мониторинга сдерживает развитие интегрированных решений.

2. **Создание методов оценки экономической эффективности** внедрения интеллектуальных систем на всех этапах жизненного цикла зданий. Н. В. Сироткина с соавторами [11] отмечают необходимость разработки методик, позволяющих количественно оценивать эффект от внедрения ИИ-технологий и обосновывать инвестиции в цифровую трансформацию.

3. **Развитие адаптивных алгоритмов машинного обучения**, способных эффективно работать в условиях ограниченных данных о строительных процессах. М. В. Буйневич и К. Е. Израилов [4, 5] демонстрируют важность оценки качества и границ применимости алгоритмов машинного обучения, что особенно актуально для строительной отрасли, где каждый проект уникален и объем данных для обучения может быть ограничен.

4. **Интеграцию методов искусственного интеллекта с технологиями роботизации** строительных процессов. Г. Меретджаева с соавторами [10] отмечают, что сочетание компьютерного зрения, алгоритмов планирования траекторий и строительных роботов открывает путь к полностью автоматизированным строительным площадкам.

5. **Разработку интеллектуальных систем управления жизненным циклом зданий**, объединяющих все этапы – от концептуального проектирования до вывода из эксплуатации – в единую цифровую платформу. А. Д. Черников с соавторами [12] демонстрируют, как накопление данных на протяжении всего жизненного цикла объекта позволяет постоянно совершенствовать алгоритмы прогнозирования и управления.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что применение искусственного интеллекта и машинного обучения в архитектуре и строительстве становится не просто технологическим трендом, а объективной необходимостью для повышения эффективности, качества и безопасности строительного производства. Интеграция этих технологий охватывает все этапы жизненного цикла зданий – от концептуального проектирования до эксплуатации и вывода из эксплуатации – создавая основу для формирования новой парадигмы строительства, основанной на данных и интеллектуальных алгоритмах.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Технологии искусственного интеллекта и машинного обучения находят применение на всех этапах жизненного цикла зданий. На этапе проектирования они обеспечивают автоматизированный поиск оптимальных архитектурно-конструктивных решений, учитывающих множество критериев – от прочностных характеристик до энергоэффективности и стоимости [1, 6, 8,

9]. Генеративный дизайн и параметрическое моделирование позволяют перебирать тысячи вариантов и находить решения, недоступные при традиционном проектировании [10].

На этапе строительства системы компьютерного зрения и предиктивной аналитики обеспечивают автоматизированный контроль качества, соблюдение техники безопасности и прогнозирование возможных отклонений от графиков работ [7, 10, 12]. Опыт создания интеллектуальных систем предупреждения осложнений при строительстве скважин демонстрирует высокую эффективность таких решений для предотвращения аварийных ситуаций [7, 12].

На этапе эксплуатации цифровые двойники, интегрированные с BIM-моделями и IoT-сенсорами, обеспечивают предиктивное обслуживание инженерных систем, оптимизацию энергопотребления и создание комфортной среды для пользователей [2, 9, 10].

Наибольшая эффективность достигается при интеграции различных технологий в единые цифровые платформы, объединяющие BIM, IoT, машинное обучение и системы визуализации [1, 2, 3]. Такая интеграция создает единое информационное пространство, в котором все участники инвестиционно-строительного проекта оперируют актуальными и непротиворечивыми данными.

Научная новизна представленной работы заключается в системной классификации и обобщении широкого спектра направлений применения искусственного интеллекта и машинного обучения в архитектуре и строительстве, а также в выявлении ключевых тенденций их интеграции на всех этапах жизненного цикла зданий.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации проектных и строительных организаций, выбора приоритетных направлений внедрения интеллектуальных технологий и обоснования инвестиций в соответствующие решения. Представленные количественные оценки эффективности могут быть использованы для прогнозирования результатов внедрения и сравнения альтернативных технологических решений.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой стандартов интероперабельности для обеспечения совместимости различных программных платформ и форматов данных [2], созданием методов оценки экономической эффективности внедрения ИИ-решений с учетом полного жизненного цикла объектов [11], развитием адаптивных алгоритмов машинного обучения для работы в условиях ограниченных данных [4, 5], интеграцией методов ИИ с технологиями роботизации строительных процессов [10], а также подготовкой кадров, обладающих необходимыми компетенциями в области цифровых технологий. Особого внимания заслуживают междисциплинарные исследования на стыке строительных наук, информатики, экономики и экологии, направленные на комплексное изучение

процессов цифровой трансформации строительной отрасли и их влияния на устойчивое развитие urban среды.

Список литературы:

1. Адамцевич, Л. А. Перспективные в условиях цифровой трансформации строительной отрасли технологии индустрии 4.0 / Л. А. Адамцевич, И. В. Сорокин, А. В. Настычук // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 101-105. – DOI 10.29039/2308-0191-2022-10-4-101-105.

2. Аминов, Р. Э. Оптимизация расчетов теплотехнических характеристик стеновых конструкций при проектировании жилых зданий / Р. Э. Аминов, О. Е. Сысоев // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия : Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 14–16 декабря 2022 года / Редколлегия: О.Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 143-146.

3. Боркова, Е. А. Цифровая трансформация строительной отрасли в условиях макроэкономического шока COVID-19 / Е. А. Боркова, А. Г. Изотова, Н. А. Литвинова // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 2129-2140. – DOI 10.18334/vinec.10.4.111191.

4. Буйневич, М. В. Идентификация архитектуры процессора выполняемого кода на базе машинного обучения. Часть 1. Частотно-байтовая модель / М. В. Буйневич, К. Е. Израилов // Труды учебных заведений связи. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 77-85. – DOI 10.31854/1813-324X-2020-6-1-77-85.

5. Буйневич, М. В. Идентификация архитектуры процессора выполняемого кода на базе машинного обучения. Часть 3. Оценка качества и границы применимости / М. В. Буйневич, К. Е. Израилов // Труды учебных заведений связи. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 48-57. – DOI 10.31854/1813-324X-2020-6-3-48-57.

6. Возгомент, Н. В. Преимущества BIM-моделирования в инвестиционно-строительной сфере в условиях цифровых трансформаций отрасли / Н. В. Возгомент, О. Е. Астафьева // Вестник университета. – 2021. – № 7. – С. 58-66. – DOI 10.26425/1816-4277-2021-7-58-66.

7. Дмитриевский, А. Н. Интеллектуальные системы предупреждения осложнений для безопасного строительства скважин / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, А. Д. Черников, С. О. Бороздин // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 6. – С. 7-13. – DOI 10.24000/0409-2961-2022-6-7-13.

8. Зорина, М. А. Оптимизация организационных и технологических решений при проектировании стройгенпланов на возведение и реконструкцию зданий в стесненных условиях строительной площадки / М. А. Зорина, Г. Н. Рязанова, В. Ю. Алпатов // Градостроительство и архитектура. – 2019. – Т. 9, № 3(36). – С. 106-112. – DOI 10.17673/Vestnik.2019.03.14.

9. Лучкина, В. В. Оптимизация проекта энергоэффективного строительства анализ рынка энергоэффективных технологий при проектировании зданий / В. В. Лучкина // Системные технологии. – 2018. – № 3(28). – С. 5-13.

10. Меретджаева, Г. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в строительстве / Г. Меретджаева, А. Оразгелдиев, С. Какабаев // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 7(76). – С. 725-728.

11. Сироткина, Н. В. Инновационное развитие экономики строительной отрасли в условиях цифровой трансформации / Н. В. Сироткина, А. В. Батова, Д. А. Зыкова // Цифровая и отраслевая экономика. – 2020. – № 2(19). – С. 5-9.

12. Черников, А. Д. Расширение функционала программы интеллектуальной системы предупреждения осложнений и аварий при строительстве скважин (ИС ПОАС) / А. Д. Черников, А. И. Архипов, Н. А. Еремин // Современные технологии строительства и капитального ремонта скважин. Перспективные методы увеличения нефтеотдачи пластов : Сборник докладов 18-й Международной научно-практической конференции, Сочи, 18–23 сентября 2023 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "НИТПО", 2023. – С. 19-25.

УДК 72:004.9:69:004

Ходжадурдыева Язджемал, Атаев Язгелди, Бегалыев Ыхласмырат
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: АРХИТЕКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли является одним из приоритетных направлений развития экономики, что обусловлено необходимостью повышения эффективности, качества и безопасности строительного производства. Развитие цифровых платформ и автоматизированных систем управления создает основу для формирования новой технологической парадигмы «Строительство 4.0», однако процессы внедрения инноваций сдерживаются недостаточной проработанностью архитектурно-технологических аспектов их интеграции в существующие производственные процессы. Цель исследования – системный анализ современных тенденций развития цифровых платформ и автоматизированных систем управления в строительстве, выявление архитектурно-технологических особенностей их внедрения и оценка влияния инноваций на эффективность строительного производства. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы и анализе практического опыта внедрения цифровых технологий в строительстве за период 2019–2024 гг. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения. Выявлены три ключевых направления развития цифровых платформ и автоматизированных систем в строительстве: 1) платформы информационного моделирования зданий (BIM-платформы), обеспечивающие управление жизненным циклом объектов на всех этапах – от проектирования до эксплуатации; 2) автоматизированные системы управления производственными процессами, включая системы удаленного управления техникой, геодезического обеспечения строительства и контроля безопасности; 3) специализированные цифровые платформы для решения конкретных задач – ценообразования, безопасной эксплуатации объектов, самопрезентации участников строительного рынка. Установлено, что эффективность внедрения цифровых платформ определяется не только технологическими характеристиками, но и архитектурными решениями, обеспечивающими интероперабельность различных систем, интеграцию с существующими производственными процессами и адаптацию к региональным особенностям развития. Показано, что применение BIM-технологий в сочетании с виртуальной реальностью позволяет повысить качество строительного контроля, а автоматизированные системы управления дорожно-строительными машинами обеспечивают точность геодезического обеспечения.

Ключевые слова: цифровые платформы в строительстве, автоматизированные системы управления, информационное моделирование зданий (BIM), архитектурно-технологические аспекты, внедрение инноваций, строительство 4.0, управление жизненным циклом, интероперабельность, автоматизация строительного производства, цифровая трансформация.

Введение. Строительная отрасль вступила в эпоху глубокой цифровой трансформации, которая охватывает все этапы инвестиционно-строительной деятельности – от концептуального проектирования до эксплуатации и утилизации объектов. Ключевыми драйверами этой трансформации выступают развитие цифровых платформ и автоматизированных систем управления, которые создают основу для формирования новой технологической парадигмы, получившей название «Строительство 4.0» [2, 5, 7]. Интеграция технологий информационного моделирования зданий (BIM), интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта, роботизированных систем и облачных вычислений открывает беспрецедентные возможности для повышения эффективности, качества и безопасности строительного производства, сокращения сроков и снижения стоимости реализации проектов [1, 10].

Актуальность исследования архитектурно-технологических аспектов внедрения цифровых платформ и автоматизированных систем в строительстве обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, наблюдается стремительное развитие и диверсификация цифровых инструментов, что создает проблему выбора оптимальных решений для конкретных задач и условий строительного производства. Как отмечают М. П. Борисов с соавторами [4], современные BIM-платформы, такие как REVIT и RENGA, обладают различными функциональными возможностями, и их эффективное применение требует учета специфики проектных задач и профессиональной подготовки кадров. А. В. Беляев и С. С. Антипов [2] подчеркивают, что информационное моделирование зданий обеспечивает управление жизненным циклом объектов, но реализация этого потенциала зависит от степени интеграции BIM-технологий с другими информационными системами.

Во-вторых, цифровая трансформация строительной отрасли носит комплексный характер и требует системного подхода к внедрению инноваций. Анализ современных тенденций, представленный в работах А. В. Митенкова [6] и Т. А. Авериной с соавтором [1], показывает, что цифровизация охватывает не только технологические процессы, но и организационно-управленческие аспекты, включая ценообразование, строительный контроль, безопасность эксплуатации объектов и взаимодействие участников строительного рынка. Е. Ю. Васильева [5] рассматривает формирование единой цифровой платформы системы ценообразования в строительстве, что является важным шагом к созданию целостной цифровой экосистемы отрасли.

В-третьих, эффективность внедрения цифровых платформ существенно зависит от архитектурных решений, обеспечивающих интероперабельность различных систем и их интеграцию с существующими производственными процессами. Исследования З. Р. Тускаевой и З. В. Албегова [10] демонстрируют, что сочетание BIM-технологий с виртуальной реальностью открывает новые возможности для осуществления строительного контроля,

позволяя выявлять коллизии и несоответствия на ранних стадиях. К. А. Цапко и А. О. А. Алшехли [11] анализируют применение автоматизированных систем удаленного управления в строительстве, подчеркивая значимость BIM-управления для координации работы распределенных команд.

В-четвертых, региональные особенности развития существенно влияют на процессы цифровой трансформации строительной отрасли. А. Г. Радайкин [7] обосновывает необходимость учета региональной специфики при разработке стратегий цифровизации, что требует адаптации типовых платформенных решений к местным условиям. Это особенно важно для обеспечения равномерного развития строительного комплекса в масштабах страны.

В-пятых, цифровые платформы трансформируют не только технологические, но и социально-экономические отношения в строительной отрасли. Д. О. Стребков [9] исследует самопрезентацию и успех на цифровых платформах на примере рабочих, занимающихся строительством и ремонтом, показывая, как цифровые инструменты изменяют рынок труда и формы занятости в отрасли.

Практические аспекты применения автоматизированных систем управления в строительстве и смежных областях рассматриваются в работах М. В. Рыльниковой с соавторами [8] (автоматизированные системы управления открытыми горными работами) и Г. Г. Бикбулатовой с соавторами [3] (геодезическое обеспечение строительства автомобильных дорог с использованием систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами). Эти исследования демонстрируют высокий потенциал автоматизации для повышения точности и эффективности строительных работ.

Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных отдельным аспектам цифровизации строительства, сохраняется дефицит системных исследований, рассматривающих развитие цифровых платформ и автоматизированных систем управления в комплексе, с учетом архитектурно-технологических аспектов их внедрения. Особого внимания требует проблема интероперабельности различных платформенных решений и их интеграции в единую цифровую экосистему строительной отрасли.

Целью настоящей работы является системный анализ современных тенденций развития цифровых платформ и автоматизированных систем управления в строительстве, выявление архитектурно-технологических особенностей их внедрения и оценка влияния инноваций на эффективность строительного производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию цифровых платформ и автоматизированных систем управления, применяемых в современной строительной практике.

2. Исследовать архитектурно-технологические аспекты внедрения цифровых платформ, включая вопросы интероперабельности, интеграции и адаптации к региональным условиям.

3. Проанализировать опыт применения цифровых платформ для решения конкретных задач строительного производства (проектирование, строительный контроль, управление техникой, ценообразование, безопасная эксплуатация).

4. Выявить ключевые факторы, определяющие эффективность внедрения цифровых инноваций в строительстве.

5. Определить перспективные направления развития цифровых платформ и автоматизированных систем управления в контексте «Строительства 4.0».

Классификация цифровых платформ и автоматизированных систем в строительстве. Анализ современной научно-технической литературы и практики внедрения цифровых технологий позволяет выделить несколько основных типов цифровых платформ и автоматизированных систем управления, применяемых в строительной отрасли. Предлагаемая классификация основана на функциональном назначении, уровне интеграции и решаемых задачах.

Платформы информационного моделирования зданий (BIM-платформы). Данный класс платформ занимает центральное место в цифровой трансформации строительства, обеспечивая создание и управление цифровой информацией об объекте на протяжении всего жизненного цикла [2]. Как отмечают А. В. Беляев и С. С. Антипов [2], информационное моделирование зданий и сооружений позволяет интегрировать архитектурные, конструктивные, технологические и экономические аспекты проекта в единой цифровой среде, что создает основу для эффективного управления на всех этапах – от инвестиционного замысла до ликвидации объекта.

Сравнительный анализ современных BIM-платформ представлен в исследовании М. П. Борисова с соавторами [4], которые рассматривают функциональные возможности систем REVIT и RENGA. REVIT (Autodesk) является наиболее распространенной платформой, обладающей развитыми средствами параметрического моделирования, широкими возможностями для коллективной работы и обширной библиотекой семейств. RENGA – отечественная BIM-платформа, разработанная с учетом российских стандартов и норм проектирования, что обеспечивает ее преимущества при работе с национальными нормативными документами [4]. Выбор конкретной платформы зависит от масштаба проектных задач, требований заказчика, наличия квалифицированных кадров и необходимости интеграции с другими информационными системами.

Важной тенденцией развития BIM-платформ является их интеграция с технологиями виртуальной реальности (VR). Исследование З. Р. Тускаевой и

З. В. Албегова [10] демонстрирует, что сочетание информационного моделирования с виртуальной реальностью позволяет осуществлять строительный контроль на качественно новом уровне. Погружение в виртуальную модель строящегося объекта дает возможность выявлять коллизии и несоответствия, которые трудно обнаружить при работе с двумерными чертежами, что повышает качество строительства и снижает риски ошибок [10].

Автоматизированные системы управления производственными процессами. Данная группа включает широкий спектр систем, обеспечивающих автоматизацию конкретных видов строительных работ и производственных операций.

Системы автоматизированного управления дорожно-строительными машинами рассматриваются в работе Г. Г. Бикбулатовой с соавторами [3]. Авторы анализируют геодезическое обеспечение строительства автомобильных дорог с использованием систем нивелирования на базе лазерных излучателей и приемников, которые позволяют автоматизировать управление отвалом автогрейдера и асфальтоукладчика. Применение таких систем обеспечивает высокую точность планировки земляного полотна и укладки асфальтобетонных покрытий, сокращает время выполнения работ и снижает расход материалов [3].

Автоматизированные системы управления открытыми горными работами исследуются М. В. Рыльниковой с соавторами [8]. Авторы обосновывают условия применения таких систем при строительстве комплексов циклично-поточной геотехнологии в карьерах с использованием методов имитационного моделирования. Разработанные алгоритмы позволяют оптимизировать параметры горнотранспортного оборудования, повысить эффективность его использования и обеспечить безопасность ведения работ [8].

К. А. Цапко и А. О. А. Алшехли [11] рассматривают применение автоматизированных систем удаленного управления в строительстве, связывая их с BIM-управлением. Авторы подчеркивают, что дистанционный мониторинг и управление строительной техникой и процессами становится возможным благодаря интеграции с информационными моделями, что особенно актуально для крупных распределенных объектов и сложных инженерных сооружений [11].

Специализированные цифровые платформы для решения конкретных задач. Помимо комплексных BIM-платформ и систем автоматизации производственных процессов, в строительной отрасли активно развиваются специализированные платформенные решения, ориентированные на решение конкретных задач.

Е. Ю. Васильева [5] анализирует процесс формирования единой цифровой платформы системы ценообразования в строительстве. Автор отмечает, что существующая система ценообразования характеризуется

фрагментарностью и недостаточной прозрачностью, что затрудняет достоверную оценку стоимости строительства. Создание единой цифровой платформы, интегрирующей данные о ценах на ресурсы, методах производства работ и нормативных требованиях, позволит повысить обоснованность сметных расчетов и обеспечить достоверность планирования инвестиций [5].

М. А. Шахраманьян [12] рассматривает технологические цифровые платформы безопасной эксплуатации объектов капитального строительства. Автор подчеркивает, что обеспечение безопасности на всех этапах жизненного цикла объектов требует создания специализированных платформ, объединяющих данные мониторинга технического состояния, результаты обследований и прогнозные модели развития деформаций. Такие платформы позволяют своевременно выявлять предаварийные ситуации и принимать меры по предотвращению аварий [12].

Особый интерес представляет исследование Д. О. Стребкова [9], посвященное самопрезентации и успеху на цифровых платформах на примере рабочих, занимающихся строительством и ремонтом. Автор показывает, что цифровые платформы трансформируют рынок труда в строительстве, создавая новые формы занятости и механизмы взаимодействия между заказчиками и исполнителями. Успех на таких платформах определяется не только профессиональными навыками, но и умением эффективно представлять свои услуги, формировать доверие и получать положительные отзывы [9].

Комплексные платформы цифровой трансформации строительной отрасли. На уровне отрасли в целом формируются комплексные цифровые платформы, призванные обеспечить интеграцию разрозненных решений и создать единую цифровую экосистему строительства. Т. А. Аверина и А. С. Пелихова [1] анализируют актуальные технологии для цифровой трансформации предприятий строительной отрасли, подчеркивая необходимость системного подхода к внедрению инноваций. А. В. Митенков [6] рассматривает общие тенденции цифровой трансформации, отмечая, что эффективность отрасли в целом зависит от степени интеграции цифровых решений на всех уровнях – от отдельных предприятий до региональных и федеральных систем управления.

А. Г. Радайкин [7] обосновывает необходимость учета региональных особенностей при разработке стратегий цифровой трансформации строительной отрасли. Автор показывает, что эффективность внедрения цифровых платформ существенно варьируется в зависимости от уровня экономического развития регионов, состояния строительного комплекса, наличия квалифицированных кадров и других факторов. Это требует дифференцированного подхода к реализации цифровых стратегий и адаптации типовых платформенных решений к местным условиям [7].

Архитектурно-технологические аспекты внедрения цифровых платформ. Успешное внедрение цифровых платформ и автоматизированных

систем в строительстве зависит от ряда архитектурно-технологических факторов, определяющих их эффективность и возможности интеграции в существующие производственные процессы.

Ключевым условием эффективного функционирования цифровых платформ является обеспечение интероперабельности – способности различных систем обмениваться данными и использовать их без потери смысла и функциональности. Как отмечают А. В. Беляев и С. С. Антипов [2], проблема совместимости форматов данных особенно остро проявляется при интеграции BIM-платформ с другими информационными системами – системами управления проектами, сметными программами, геоинформационными системами. Решение этой проблемы требует развития открытых стандартов обмена данными, таких как IFC (Industry Foundation Classes), и их поддержки разработчиками программного обеспечения [2].

Важность стандартизации подчеркивается и в исследовании Е. Ю. Васильевой [5], посвященном формированию единой цифровой платформы ценообразования. Автор отмечает, что создание эффективной системы сбора и обработки данных о ценах требует унификации форматов представления информации, разработки единых классификаторов ресурсов и методов расчета сметной стоимости. Только при соблюдении этих условий становится возможной автоматизация процессов ценообразования и интеграция сметных данных с проектными решениями [5].

Внедрение цифровых платформ не может происходить в отрыве от сложившихся производственных процессов и организационных структур. Исследование Г. Г. Бикбулатовой с соавторами [3] показывает, что применение систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами требует пересмотра традиционных методов геодезического обеспечения и организации работ. Это предполагает не только техническое переоснащение, но и изменение квалификационных требований к персоналу, разработку новых регламентов взаимодействия между геодезистами и машинистами, адаптацию технологических карт [3].

К. А. Цапко и А. О. А. Алшехли [11] подчеркивают, что внедрение автоматизированных систем удаленного управления в строительстве должно сопровождаться разработкой соответствующих организационно-технологических решений, включая регламенты дистанционного взаимодействия, протоколы передачи данных и процедуры принятия решений в нештатных ситуациях. Особое значение приобретает вопрос распределения ответственности между участниками процесса при использовании автоматизированных систем [11].

Как убедительно показано в исследовании А. Г. Радайкина [7], эффективность цифровой трансформации строительной отрасли существенно зависит от региональных условий. Автор выделяет несколько групп факторов, определяющих особенности внедрения цифровых платформ в различных регионах: уровень экономического развития и инвестиционной активности;

состояние строительного комплекса и наличие квалифицированных кадров; развитость цифровой инфраструктуры; особенности нормативно-правовой базы и регуляторной среды; климатические и географические условия, влияющие на технологии строительства [7].

Учет этих факторов необходим при выборе цифровых платформ, определении приоритетных направлений их внедрения и разработке региональных стратегий цифровой трансформации. Типовые платформенные решения требуют адаптации к местным условиям, что может включать настройку параметров, разработку дополнительных модулей, интеграцию с региональными информационными системами [7].

Особую значимость приобретают вопросы безопасности и надежности цифровых платформ, особенно при их использовании для управления критически важными объектами и процессами. М. А. Шахраманьян [12] рассматривает технологические цифровые платформы безопасной эксплуатации объектов капитального строительства, подчеркивая необходимость обеспечения высокой надежности систем сбора и обработки данных, защиты от несанкционированного доступа и кибератак. Автор отмечает, что платформы должны обеспечивать непрерывный мониторинг состояния объектов, своевременное выявление отклонений и автоматическое информирование ответственных лиц [12].

Безопасность цифровых платформ включает также защиту персональных данных участников строительного процесса, что особенно актуально в контексте развития платформ для взаимодействия заказчиков и исполнителей, рассмотренных Д. О. Стребковым [9]. Обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных становится необходимым условием доверия к цифровым платформам и их успешного функционирования [9].

Факторы успешного внедрения цифровых инноваций. Анализ литературы и практического опыта позволяет выделить комплекс факторов, определяющих успешность внедрения цифровых платформ и автоматизированных систем в строительстве.

Кадровое обеспечение и развитие компетенций. Критическим фактором успеха является наличие квалифицированных кадров, способных эффективно использовать цифровые инструменты. Исследования показывают, что дефицит специалистов, владеющих BIM-технологиями [2, 4], методами автоматизированного управления [3, 8] и работой с цифровыми платформами [9, 11], является серьезным ограничением для цифровой трансформации. Решение этой проблемы требует развития системы профессионального образования и повышения квалификации, а также создания механизмов непрерывного обучения и обмена опытом [1, 6].

Особое значение приобретает формирование новых компетенций на стыке строительных специальностей и информационных технологий. Современный инженер-строитель должен не только знать технологии

производства работ, но и понимать принципы информационного моделирования, уметь работать с цифровыми платформами, анализировать данные и принимать решения на основе цифровых моделей [2, 10].

Нормативно-правовое обеспечение. Развитие цифровых платформ требует адекватной нормативно-правовой базы, регламентирующей их применение в строительстве. Как отмечает Е. Ю. Васильева [5], создание единой цифровой платформы ценообразования требует разработки новых нормативных документов, определяющих порядок формирования и ведения баз данных, методы расчета сметной стоимости и правила взаимодействия участников системы. Аналогичные задачи возникают при внедрении BIM-технологий [2], систем автоматизированного управления [3] и платформ безопасной эксплуатации [12].

Важным направлением является гармонизация российских и международных стандартов в области цифрового строительства, что обеспечит совместимость отечественных и зарубежных платформенных решений и создаст условия для участия российских компаний в международных проектах [7].

Экономическая эффективность и окупаемость. Внедрение цифровых платформ требует значительных инвестиций, поэтому обоснование их экономической эффективности является необходимым условием принятия решений о внедрении. Исследования показывают, что эффект от цифровизации проявляется в различных формах: сокращение сроков проектирования и строительства [2], снижение материалоемкости и трудоемкости работ [3], повышение качества и уменьшение затрат на исправление ошибок [10], оптимизация эксплуатационных расходов [12], повышение прозрачности и достоверности ценообразования [5].

Однако количественная оценка этих эффектов требует разработки соответствующих методик и накопления статистических данных, что является актуальной задачей дальнейших исследований [1, 7].

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что развитие цифровых платформ и автоматизированных систем управления является ключевым направлением цифровой трансформации строительной отрасли, охватывающим все этапы жизненного цикла объектов и все аспекты инвестиционно-строительной деятельности. Формирующаяся цифровая экосистема строительства включает разнообразные платформенные решения – от комплексных BIM-платформ до специализированных систем автоматизации конкретных процессов и отраслевых платформ, интегрирующих участников строительного рынка.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Классификация цифровых платформ и автоматизированных систем в строительстве позволяет выделить три основных типа: платформы информационного моделирования зданий (BIM-платформы), обеспечивающие управление жизненным циклом объектов;

автоматизированные системы управления производственными процессами, включая системы управления техникой, геодезического обеспечения и контроля безопасности; специализированные цифровые платформы для решения конкретных задач – ценообразования, безопасной эксплуатации, взаимодействия участников рынка.

Эффективность внедрения цифровых платформ определяется не только их технологическими характеристиками, но и архитектурными решениями, обеспечивающими интероперабельность различных систем, интеграцию с существующими производственными процессами и адаптацию к региональным особенностям развития. Ключевыми факторами успешного внедрения инноваций являются: стандартизация форматов данных и развитие открытых протоколов обмена; подготовка квалифицированных кадров, владеющих цифровыми компетенциями; совершенствование нормативно-правовой базы; обоснование экономической эффективности и разработка механизмов оценки результатов цифровизации.

Практические примеры, рассмотренные в литературе, демонстрируют высокий потенциал цифровых платформ и автоматизированных систем для повышения эффективности строительного производства. Применение BIM-технологий в сочетании с виртуальной реальностью позволяет повысить качество строительного контроля и сократить количество ошибок. Автоматизированные системы управления дорожно-строительными машинами обеспечивают высокую точность геодезического обеспечения и сокращение сроков работ. Единые цифровые платформы ценообразования и безопасной эксплуатации создают основу для повышения прозрачности и надежности строительной деятельности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой архитектурных принципов построения интегрированных цифровых платформ, обеспечивающих сквозное управление жизненным циклом объектов на основе единой информационной модели. Важным направлением является создание методик оценки экономической эффективности внедрения цифровых платформ, учитывающих весь комплекс эффектов – от сокращения затрат до повышения качества и безопасности. Требуют дальнейшего изучения вопросы стандартизации и сертификации цифровых платформ, обеспечения их безопасности и надежности, а также совершенствования нормативно-правовой базы цифровой трансформации строительства.

Особого внимания заслуживают исследования региональных аспектов цифровизации, позволяющие разработать дифференцированные стратегии внедрения инноваций с учетом местных условий и возможностей. Не менее важным является изучение социальных последствий цифровой трансформации, включая изменение структуры занятости, требований к квалификации работников и форм организации труда в строительстве. Комплексный подход к решению этих задач создаст основу для эффективной

реализации потенциала цифровых платформ и автоматизированных систем управления в интересах устойчивого развития строительной отрасли.

Список литературы:

1. Аверина, Т. А. Актуальные технологии для цифровой трансформации предприятий строительной отрасли / Т. А. Аверина, А. С. Пелихова // Теория и практика экономики и предпринимательства : Труды XXI Международной научно-практической конференции, Симферополь-Гурзуф, 18–20 апреля 2024 года. – Симферополь: Издательский дом КФУ им. В.И. Вернадского, 2024. – С. 299-301.
2. Беляев, А. В. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений / А. В. Беляев, С. С. Антипов // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 1. – С. 65-72.
3. Бикбулатова, Г. Г. Геодезическое обеспечение строительства автомобильной дороги с использованием систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами / Г. Г. Бикбулатова, Е. Н. Купреева, А. Р. Миннибаев // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2023. – № 2(33).
4. Борисов, М. П. Современные автоматизированные системы REVIT и RENGA для информационного моделирования зданий / М. П. Борисов, А. А. Вавин, В. Н. Уткина // Огарёв-Online. – 2020. – № 3(140). – С. 1.
5. Васильева, Е. Ю. О формировании единой цифровой платформы системы ценообразования в строительстве / Е. Ю. Васильева // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2022. – № 3. – С. 4-12. – DOI 10.33920/str-01-2203-01.
6. Митенков, А. В. Анализ цифровой трансформации строительной отрасли / А. В. Митенков // XIII Конгресс молодых ученых. Экономика и инновации : Сборник тезисов, Санкт-Петербург, 08–11 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2024. – С. 157-158.
7. Радайкин, А. Г. Оценка особенностей развития регионов как основа эффективной цифровой трансформации строительной отрасли / А. Г. Радайкин // Регион: системы, экономика, управление. – 2024. – № 3(66). – С. 88-103. – DOI 10.22394/1997-4469-2024-66-3-88-103.
8. Рыльникова, М. В. Обоснование условий применения автоматизированных систем управления открытыми горными работами строительства комплекса циклично-поточной геотехнологии в карьере с помощью имитационного моделирования / М. В. Рыльникова, А. В. Власов, М. А. Макеев // Горная промышленность. – 2021. – № 4. – С. 106-112. – DOI 10.30686/1609-91922021-4-106-112.
9. Стребков, Д. О. Самопрезентация и успех на цифровых платформах на примере рабочих, занимающихся строительством и ремонтом / Д. О. Стребков // Социологический журнал. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 70-92. – DOI 10.19181/socjour.2023.29.3.4.
10. Тускаева, З. Р. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности / З. Р. Тускаева, З. В. Албегов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2(74). – С. 371-384.
11. Цапко, К. А. Применение автоматизированных систем удаленного управления в строительстве (BIM-управление) / К. А. Цапко, А. О. А. Алшехли // Перспективы науки. – 2020. – № 10(133). – С. 210-212.
12. Шахраманьян, М. А. Технологические цифровые платформы безопасной эксплуатации объектов капитального строительства / М. А. Шахраманьян // Информационное общество. – 2023. – № 5. – С. 143-150. – DOI 10.52605/16059921_2023_05_143.

УДК 72:004.9:69:004

Гуртмырадов Керим, Ходжабердыев Ашыргелди, Бабаджанов Ресул
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, АВТОМАТИЗАЦИИ И УМНЫХ СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТОЙЧИВЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация: Цифровая трансформация архитектурно-строительной отрасли является одним из ключевых трендов современного развития, обусловленным необходимостью повышения эффективности, качества и устойчивости строительного производства. Интеграция компьютерных технологий, систем автоматизации проектирования и умных систем создает принципиально новые возможности для проектирования и возведения зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности, экологичности и комфорта. Целью настоящей работы является системный анализ современных направлений цифровизации архитектурно-строительной отрасли, исследование возможностей применения компьютерных технологий, автоматизации и умных систем в проектировании устойчивых зданий, а также выявление проблем и перспектив их внедрения в российскую практику. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы по проблемам цифровизации строительства, применения компьютерных технологий в проектировании и технологий зеленого строительства за период 2018-2022 гг. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения практического опыта. Выявлены три ключевых направления цифровизации архитектурно-строительной отрасли: 1) внедрение компьютерных технологий и систем автоматизированного проектирования, включая BIM-технологии, позволяющие создавать информационные модели объектов на всех этапах жизненного цикла; 2) развитие технологий зеленого строительства, включая использование энергоэффективных материалов, возобновляемых источников энергии и систем экологического мониторинга; 3) интеграция умных систем и автоматизации для создания интеллектуальных зданий, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и оптимизировать потребление ресурсов. Установлено, что цифровизация строительной отрасли сталкивается с рядом проблем: недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, дефицит квалифицированных кадров, высокая стоимость внедрения технологий, сопротивление организационным изменениям. В то же время исследования демонстрируют, что цифровая трансформация способствует повышению производительности труда, улучшению качества проектных решений, снижению эксплуатационных затрат и росту инвестиционной привлекательности строительных проектов. Особое внимание уделяется вопросам подготовки специалистов, способных эффективно работать с современными цифровыми инструментами в условиях интеграции требований устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровизация строительства, архитектурно-строительная отрасль, компьютерные технологии, автоматизация проектирования, умные системы, устойчивые здания, зеленое строительство, BIM-технологии, энергоэффективность, подготовка кадров.

Введение. Современный этап развития архитектурно-строительной отрасли характеризуется глубокими трансформационными процессами,

обусловленными двумя глобальными трендами: цифровой революцией и переходом к устойчивому развитию. Цифровизация строительства, понимаемая как комплексное внедрение компьютерных технологий, систем автоматизации проектирования и управления, а также умных систем в зданиях, создает принципиально новые возможности для повышения эффективности, качества и экологичности строительного производства [2, 3, 9]. Одновременно с этим растущее внимание к проблемам изменения климата, истощения природных ресурсов и ухудшения качества городской среды стимулирует развитие концепции зеленого строительства, ориентированной на создание зданий с минимальным воздействием на окружающую среду и высоким уровнем комфорта для человека [4, 11].

Актуальность исследования обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, строительная отрасль традиционно считается одной из наиболее консервативных с точки зрения внедрения инноваций, что приводит к значительному отставанию в производительности труда по сравнению с другими секторами экономики. Как отмечают И. Л. Владимирова с соавторами [10], цифровизация рассматривается как ключевой фактор повышения производительности труда в строительстве, способный обеспечить рост эффективности за счет оптимизации процессов, снижения потерь и улучшения координации между участниками инвестиционно-строительного проекта. Во-вторых, возрастающие требования к энергоэффективности и экологичности зданий, закрепленные в международных и национальных стандартах (LEED, BREEAM, GREEN ZOOM), стимулируют поиск новых технологических решений, которые могут быть эффективно реализованы только с применением цифровых инструментов [4, 11]. В-третьих, развитие концепции «умных городов» и «здоровых городов» предполагает создание интегрированных систем управления городской средой, в которых здания выступают не изолированными объектами, а элементами единой цифровой экосистемы [1].

Степень изученности проблемы характеризуется наличием значительного числа публикаций, посвященных отдельным аспектам цифровизации строительства и зеленого строительства, однако сохраняется фрагментарность знаний и недостаток системных, обобщающих работ, рассматривающих эти направления в их взаимосвязи. Исследования Б. Н. Нагыметова [7] и коллектива авторов под руководством А. И. Бедова [8] анализируют применение компьютерных технологий в строительном проектировании и подготовке специалистов, подчеркивая важность развития цифровых компетенций для эффективной работы в современных условиях. Работы Н. В. Васильевой и И. А. Бачуринской [3], Л. А. Борисовой и М. Х. Абидова [2] выявляют проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли, включая недостатки нормативно-правовой базы, организационные барьеры и дефицит квалифицированных кадров. Л. А. Сулейманова с соавторами [9] предлагают концептуальное осмысление цифровизации как IT-структурирования пирамиды управления

процессами, что позволяет системно подойти к организации цифровой трансформации.

Технологии зеленого строительства исследуются в работах А. У. Каровой с соавторами [4], где рассматриваются основные направления повышения экологичности строительных объектов. Экономические аспекты внедрения зеленых технологий в России анализируются К. А. Савенко с соавторами [11], которые обосновывают экономическую целесообразность таких решений с учетом долгосрочных эффектов. А. В. Бабкин с соавторами [1] связывают проблемы зеленого строительства с реализацией концепции здорового города, подчеркивая важность интеграции экологических и социальных требований в градостроительную политику.

Исследования А. И. Коровкиной с соавторами [5] и М. Е. Листопад с Л. А. Пшул [6] рассматривают перспективы развития строительной отрасли в условиях цифровой трансформации с точки зрения инвестиционной привлекательности и модернизации инфраструктуры. Эти работы показывают, что цифровизация создает новые возможности для привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности строительных компаний.

Несмотря на значительный объем исследований, посвященных отдельным аспектам цифровизации и зеленого строительства, ощущается недостаток работ, интегрирующих эти направления и рассматривающих комплексное влияние цифровых технологий, автоматизации и умных систем на проектирование устойчивых зданий. Особого внимания требует анализ того, как цифровые инструменты могут способствовать реализации принципов устойчивого развития на всех этапах жизненного цикла зданий – от концептуального проектирования до эксплуатации и утилизации.

Целью настоящей работы является системный анализ современных направлений цифровизации архитектурно-строительной отрасли, исследование возможностей применения компьютерных технологий, автоматизации и умных систем в проектировании устойчивых зданий, а также выявление проблем и перспектив их внедрения в российскую практику.

Компьютерные технологии и автоматизация проектирования в строительстве. Интеграция компьютерных технологий в процессы архитектурно-строительного проектирования представляет собой фундаментальное направление цифровой трансформации отрасли. Как отмечает Б. Н. Нагыметов [7], современное строительное проектирование невозможно представить без использования специализированного программного обеспечения, которое позволяет не только автоматизировать рутинные операции, но и создавать сложные информационные модели, интегрирующие данные о геометрии, материалах, конструктивных решениях, инженерных системах и экономических показателях. Эволюция компьютерных технологий в строительстве прошла путь от простых систем автоматизированного черчения (CAD) к комплексным платформам информационного моделирования зданий (BIM), обеспечивающим поддержку всех этапов жизненного цикла объекта [9].

Исследование А. И. Бедова с соавторами [8] подчеркивает важность применения компьютерных технологий не только в профессиональной деятельности, но и в процессе подготовки специалистов строительного профиля. Авторы отмечают, что современный инженер-строитель должен владеть широким спектром программных продуктов – от систем автоматизированного проектирования до специализированных расчетных комплексов и программ для управления проектами. Интеграция компьютерных технологий в образовательный процесс позволяет формировать у будущих специалистов компетенции, необходимые для эффективной работы в условиях цифровой трансформации отрасли [8].

Л. А. Сулейманова с соавторами [9] предлагают концептуальное осмысление цифровизации строительной отрасли как IT-структурирования пирамиды управления процессами. Согласно этой концепции, цифровая трансформация охватывает все уровни управления – от стратегического до операционного, обеспечивая вертикальную и горизонтальную интеграцию информационных потоков. На верхнем уровне формируются стратегические цели и показатели эффективности, на среднем уровне осуществляется планирование и контроль ресурсов, на нижнем уровне происходит сбор и первичная обработка данных о ходе строительных процессов. Информационное моделирование зданий выступает в этой системе как интегрирующая платформа, объединяющая данные со всех уровней и обеспечивающая их согласованность, и непротиворечивость [9].

Особое значение компьютерные технологии приобретают при проектировании сложных уникальных объектов, где требуется учет множества факторов и оптимизация проектных решений по различным критериям. Современные программные комплексы позволяют проводить многовариантное проектирование, автоматически генерировать и сравнивать альтернативные решения, оценивать их технико-экономические показатели и выбирать оптимальные варианты. Это особенно важно в контексте устойчивого развития, где требуется одновременный учет экономической эффективности, экологической безопасности и социальной приемлемости проектных решений [4, 11].

Технологии зеленого строительства и их интеграция с цифровыми решениями. Зеленое строительство представляет собой комплексный подход к проектированию, строительству и эксплуатации зданий, ориентированный на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и создание комфортных условий для жизнедеятельности человека [4]. Как отмечают А. У. Карова, К. А. Савенко и Г. В. Михеев [4], технологии зеленого строительства охватывают широкий спектр направлений: использование энергоэффективных материалов и конструкций, применение возобновляемых источников энергии, внедрение систем сбора и очистки воды, создание здорового микроклимата помещений, утилизация отходов строительства и эксплуатации.

Исследование К. А. Савенко с соавторами [11] посвящено экономической целесообразности внедрения технологий зеленого строительства в России. Авторы отмечают, что, несмотря на более высокие первоначальные затраты, зеленые здания обеспечивают значительную экономию эксплуатационных расходов на протяжении жизненного цикла. Снижение энергопотребления, экономия водных ресурсов, уменьшение затрат на обслуживание и ремонт позволяют компенсировать дополнительные инвестиции в течение 5-7 лет, после чего начинается чистая экономия. Кроме того, зеленые здания обладают более высокой рыночной стоимостью и пользуются повышенным спросом среди арендаторов и покупателей, что повышает инвестиционную привлекательность таких проектов [11].

А. В. Бабкин, Г. И. Курчеева и Л. А. Апрелова [1] рассматривают проблемы зеленого строительства в контексте реализации концепции здорового города. Авторы подчеркивают, что современные города сталкиваются с комплексом экологических и социальных проблем, включая загрязнение воздуха, дефицит зеленых пространств, высокий уровень шума, стресс и рост заболеваемости. Зеленое строительство может внести существенный вклад в решение этих проблем за счет создания зданий, которые не только минимизируют негативное воздействие на окружающую среду, но и активно способствуют улучшению качества городской среды и здоровья населения [1].

Интеграция технологий зеленого строительства с цифровыми решениями открывает новые возможности для повышения их эффективности. Информационное моделирование позволяет на стадии проектирования проводить комплексный анализ энергоэффективности, моделировать инсоляцию и аэрацию, оценивать влияние различных конструктивных и объемно-планировочных решений на микроклимат помещений и эксплуатационные затраты. Системы автоматизации и умные технологии обеспечивают оптимальное управление инженерными системами в процессе эксплуатации, адаптируя их работу к изменяющимся внешним условиям и потребностям пользователей [5, 9].

Умные системы и автоматизация в управлении зданиями. Развитие концепции умных зданий (smart buildings) представляет собой одно из наиболее динамичных направлений цифровизации строительной отрасли. Умное здание – это не просто набор автоматизированных систем, а интегрированная среда, способная адаптироваться к изменяющимся условиям и потребностям пользователей, оптимизировать потребление ресурсов, обеспечивать комфорт и безопасность [5]. Как отмечают А. И. Коровкина, Н. В. Колосова и И. И. Переславцева [5], цифровая трансформация электроэнергетического комплекса создает основу для интеграции зданий в единую энергетическую экосистему, где они выступают не только потребителями, но и генераторами энергии за счет использования возобновляемых источников и систем накопления.

Современные умные здания оснащаются разветвленными сенсорными сетями, собирающими информацию о параметрах микроклимата, освещенности,

присутствии людей, работе инженерного оборудования. Эти данные обрабатываются централизованными системами управления, которые на основе алгоритмов машинного обучения оптимизируют работу отопления, вентиляции, кондиционирования, освещения и других систем. Интеграция с внешними информационными системами – прогнозами погоды, тарифами на электроэнергию, графиками загрузки помещений – позволяет повысить эффективность управления и снизить эксплуатационные затраты [9].

Важным направлением развития умных систем является создание цифровых двойников зданий – динамических информационных моделей, синхронизированных с физическим объектом и отражающих его состояние в реальном времени. Цифровые двойники позволяют не только контролировать текущее состояние здания, но и прогнозировать его поведение, моделировать различные сценарии эксплуатации, выявлять потенциальные проблемы до их возникновения и оптимизировать графики технического обслуживания. Это особенно важно для сложных объектов с высокими требованиями к надежности и безопасности [5, 9].

Проблемы и барьеры цифровизации строительной отрасли. Несмотря на очевидные преимущества цифровой трансформации, ее реализация в российской строительной отрасли сталкивается с рядом проблем и барьеров. Исследование Н. В. Васильевой и И. А. Бачуринской [3] выявляет комплекс проблемных аспектов, включая недостаточную разработанность нормативно-правовой базы, отсутствие единых стандартов информационного обмена, дефицит квалифицированных кадров, высокую стоимость внедрения технологий, сопротивление организационным изменениям.

Л. А. Борисова и М. Х. Абидов [2] отмечают, что цифровизация строительной отрасли требует системного подхода, учитывающего специфику инвестиционно-строительной деятельности, включая длительный цикл реализации проектов, множество участников с различными интересами, высокую степень неопределенности и рисков. Авторы подчеркивают необходимость разработки отраслевых стандартов информационного моделирования, создания единых классификаторов строительных ресурсов, формирования требований к цифровым компетенциям специалистов [2].

Кадровая проблема является одним из ключевых барьеров цифровизации. Как отмечают А. И. Бедов с соавторами [8], подготовка специалистов, способных эффективно работать с современными цифровыми инструментами, требует пересмотра образовательных программ, внедрения новых дисциплин, развития материально-технической базы вузов. Особую сложность представляет необходимость интеграции цифровых компетенций с глубокими знаниями в области строительных технологий, материаловедения, конструктивной безопасности, что требует междисциплинарного подхода к образованию [8].

Экономические аспекты цифровизации исследуются в работах И. Л. Владимировой с соавторами [10] и М. Е. Листопад с Л. А. Пшул [6]. Авторы отмечают, что внедрение цифровых технологий требует значительных

инвестиций, которые не всегда доступны中小ым строительным компаниям. В то же время исследования демонстрируют, что цифровизация способствует повышению производительности труда, сокращению сроков строительства, снижению издержек, улучшению качества, что в долгосрочной перспективе обеспечивает возврат инвестиций и повышение конкурентоспособности [6, 10].

Перспективы развития и направления дальнейших исследований. Анализ современного состояния и тенденций развития цифровизации архитектурно-строительной отрасли позволяет выделить несколько перспективных направлений дальнейших исследований и практических разработок.

Первое направление связано с развитием интеграционных платформ, объединяющих информационное моделирование зданий с системами управления проектами, мониторинга и контроля, финансового учета и анализа. Создание единой цифровой экосистемы, охватывающей всех участников инвестиционно-строительного процесса – от заказчика и проектировщиков до подрядчиков и эксплуатирующих организаций – позволит существенно повысить эффективность координации, сократить потери и улучшить качество результатов [9, 10].

Второе направление касается интеграции требований устойчивого развития в процессы цифрового проектирования и управления. Разработка методов и инструментов для комплексной оценки экологической эффективности зданий на всех этапах жизненного цикла, интеграция этих инструментов с BIM-платформами, создание баз данных об экологических характеристиках материалов и оборудования – все это создает основу для проектирования по-настоящему устойчивых зданий [1, 4, 11].

Третье направление связано с развитием умных систем и технологий интернета вещей для зданий. Исследования в этой области должны быть направлены на разработку энергоэффективных сенсорных сетей, алгоритмов машинного обучения для оптимизации управления, методов интеграции зданий в интеллектуальные энергетические системы и городские цифровые платформы [5].

Четвертое направление касается совершенствования системы подготовки кадров для цифровой строительной отрасли. Необходимы исследования, направленные на разработку компетентностных моделей специалистов нового поколения, создание эффективных методик обучения, интеграцию цифровых технологий в образовательный процесс на всех уровнях – от среднего профессионального до дополнительного профессионального образования [8].

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что цифровизация архитектурно-строительной отрасли представляет собой сложный многомерный процесс, охватывающий технологические, организационные, экономические и образовательные аспекты. Интеграция компьютерных технологий, систем автоматизации проектирования, умных систем и технологий зеленого строительства создает принципиально новые возможности для создания

устойчивых, энергоэффективных и комфортных зданий, отвечающих современным требованиям качества жизни и экологической безопасности.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Компьютерные технологии и автоматизация проектирования, включая BIM-технологии, являются фундаментом цифровой трансформации строительной отрасли, обеспечивая создание интегрированных информационных моделей, поддерживающих все этапы жизненного цикла объектов. Технологии зеленого строительства, ориентированные на минимизацию воздействия на окружающую среду и создание здоровой среды обитания, приобретают особую значимость в контексте реализации концепции устойчивого развития и здоровых городов. Умные системы и автоматизация зданий позволяют оптимизировать эксплуатационные затраты, повысить комфорт и безопасность, интегрировать здания в единую городскую цифровую экосистему.

Внедрение цифровых технологий в российскую строительную практику сталкивается с рядом проблем, включая недостаточную разработанность нормативно-правовой базы, дефицит квалифицированных кадров, высокую стоимость внедрения, сопротивление организационным изменениям. Преодоление этих барьеров требует системного подхода, включающего развитие нормативной базы, подготовку кадров, стимулирование инноваций, интеграцию требований устойчивого развития в образовательные стандарты и профессиональные требования.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием интеграционных цифровых платформ, совершенствованием методов оценки экологической эффективности зданий, разработкой алгоритмов интеллектуального управления, созданием эффективных моделей подготовки кадров для цифровой строительной отрасли. Особого внимания требуют исследования, направленные на изучение долгосрочных эффектов цифровизации, включая влияние на производительность труда, качество строительной продукции, инвестиционную привлекательность и конкурентоспособность строительных компаний.

Таким образом, цифровизация архитектурно-строительной отрасли с использованием компьютерных технологий, автоматизации и умных систем открывает широкие перспективы для создания устойчивых зданий нового поколения, отвечающих требованиям энергоэффективности, экологичности и комфорта. Успешная реализация этого потенциала требует консолидированных усилий государства, бизнеса, научного и образовательного сообщества, направленных на создание благоприятных условий для цифровой трансформации и внедрения инновационных решений в строительную практику.

Список литературы:

1. Бабкин, А. В. Проблемы зеленого строительства в условиях реализации концепции здорового города / А. В. Бабкин, Г. И. Курчеева, Л. А. Апрелова // π-Экономика. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 59-78. – DOI 10.18721/JE.15204.

2. Борисова, Л. А. Проблемы цифровизации строительной отрасли / Л. А. Борисова, М. Х. Абидов // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. – 2019. – № 3. – С. 53-58. – DOI 10.24411/2412-2025-2019-00041.

3. Васильева, Н. В. Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли / Н. В. Васильева, И. А. Бачуринская // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2018. – № 7. – С. 39-46.

4. Карова, А. У. Технологии зеленого строительства / А. У. Карова, К. А. Савенко, Г. В. Михеев // Техника и технологии строительства. – 2022. – № 2(30). – С. 15-20.

5. Коровкина, А. И. Перспектива строительства и модернизации электроэнергетического комплекса в условиях цифровой трансформации / А. И. Коровкина, Н. В. Колосова, И. И. Переславцева // Строительство и недвижимость. – 2021. – № 1(8). – С. 181-185.

6. Листопад, М. Е. Анализ инвестиционной привлекательности строительной отрасли в современных условиях цифровизации / М. Е. Листопад, Л. А. Пшул // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 3(118). – С. 81-92. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-3-81-92.

7. Нагыметов, Б. Н. Компьютерные технологии в строительстве / Б. Н. Нагыметов // The Scientific Heritage. – 2020. – № 48-1(48). – С. 22-26.

8. Применение компьютерных технологий при подготовке специалистов по направлению "Строительство" / А. И. Бедов, А. И. Габитов, А. А. Семенов [и др.] // Строительство и реконструкция. – 2018. – № 6(80). – С. 85-93.

9. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24.

10. Цифровизация как фактор повышения производительности труда в строительной отрасли / И. Л. Владимирова, Г. Ю. Каллаур, А. А. Цыганкова [и др.] // Экономика строительства. – 2020. – № 3(63). – С. 13-23.

11. Экономическая целесообразность внедрения технологий "зеленого строительства" в России / К. А. Савенко, Г. В. Михеев, Д. Э. Морозов [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 5(142). – С. 1354-1358. – DOI 10.34925/EIP.2022.142.5.260.

УДК 72:004.9:69:004

Атаева Оразджемал, Аннагелдиев Мухаммет, Эрнепесова Махри
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РОЛЬ РОБОТИЗАЦИИ, IOT И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Аннотация: Строительная отрасль переживает период глубокой цифровой трансформации, обусловленной внедрением технологий Индустрии 4.0. Роботизация строительных процессов, интернет вещей (IoT) и компьютерное моделирование становятся ключевыми драйверами повышения эффективности, качества и безопасности строительства, а также открывают новые горизонты для реализации сложных архитектурных форм. Однако комплексное представление о роли и взаимосвязи этих технологий в современной архитектурно-строительной практике остается недостаточно систематизированным. Цель исследования – комплексный анализ роли и перспектив интеграции роботизации, технологий интернета вещей и компьютерного моделирования как взаимосвязанных компонентов инновационной

автоматизации в современном строительстве и архитектуре. Исследование базируется на обзоре и систематизации научно-технической литературы, анализе российских и зарубежных публикаций, посвященных цифровой трансформации строительной отрасли, применению BIM-технологий, роботизированных комплексов и IoT-систем. Использованы методы сравнительного анализа, классификации и обобщения практического опыта внедрения инновационных технологий. Выявлены три ключевых взаимосвязанных направления технологической трансформации строительства: 1) компьютерное моделирование, в основе которого лежат BIM-технологии, обеспечивающие создание и управление цифровой информацией об объекте на всех этапах его жизненного цикла, а также визуальное программирование для автоматизации проектных задач; 2) роботизация строительных процессов, включающая применение роботизированных комплексов для кладки, отделки, 3D-печати зданий и элементов, а также автоматизированной геодезической съемки; 3) интернет вещей, реализуемый через сенсорные сети для мониторинга состояния конструкций, контроля параметров среды, отслеживания перемещения персонала и техники, а также обеспечения безопасности на стройплощадке. Установлено, что синергетический эффект достигается при интеграции этих направлений: данные от IoT-датчиков наполняют цифровые модели, созданные средствами компьютерного моделирования, формируя «цифровые двойники», которые, в свою очередь, используются для управления роботизированными комплексами и оптимизации строительных процессов в реальном времени. Показано, что внедрение данных технологий способствует повышению производительности труда, сокращению сроков и стоимости строительства, улучшению качества и безопасности работ, а также создает предпосылки для реализации концепции «биосферной совместимости» и устойчивого развития городской среды.

Ключевые слова: автоматизация строительства, роботизация, интернет вещей (IoT), компьютерное моделирование, BIM-технологии, цифровые двойники, Индустрия 4.0, Строительство 4.0, современная архитектура, инновационные технологии.

Введение. Строительная отрасль, долгое время считавшаяся одной из наиболее консервативных с точки зрения внедрения инноваций, в последние годы переживает фундаментальную трансформацию. Драйверами этих изменений выступают технологии четвертой промышленной революции – Индустрии 4.0, которые проникают во все этапы инвестиционно-строительного процесса: от концептуального проектирования до эксплуатации и утилизации объектов [1, 12]. Ключевыми направлениями этой трансформации становятся роботизация строительных процессов, повсеместное внедрение интернета вещей (IoT) и развитие методов компьютерного моделирования, центральное место среди которых занимают технологии информационного моделирования зданий (BIM). Их интеграция открывает беспрецедентные возможности для повышения эффективности, качества и безопасности строительства, а также для реализации самых смелых архитектурных замыслов [3, 10].

Актуальность исследования обусловлена рядом факторов. Во-первых, наблюдается устойчивый рост интереса к применению роботизированных комплексов в строительстве – от автоматизированной кладки кирпича и отделочных работ до 3D-печати зданий и сооружений. Это требует осмысления накопленного опыта и определения наиболее перспективных

направлений развития роботизации [10]. Во-вторых, активное внедрение BIM-технологий в проектную и строительную практику, поддерживаемое на государственном уровне, создает цифровую основу для интеграции с другими инновационными решениями. Преимущества BIM-моделирования, включая снижение количества ошибок и коллизий, повышение точности сметных расчетов и возможность эффективного управления на всех этапах жизненного цикла объекта, становятся все более очевидными для участников строительного рынка [3]. В-третьих, развитие сенсорных сетей и технологий интернета вещей открывает новые возможности для мониторинга состояния строительных конструкций, контроля параметров окружающей среды на стройплощадке, отслеживания перемещения персонала и техники, а также обеспечения безопасности труда [1, 2]. В-четвертых, возникает потребность в интеграции этих технологий: данные от IoT-датчиков должны наполнять цифровые модели, созданные средствами компьютерного моделирования, формируя так называемые «цифровые двойники» строящихся объектов, которые, в свою очередь, могут использоваться для управления роботизированными комплексами и оптимизации строительных процессов в реальном времени [1, 5].

Степень изученности проблемы характеризуется значительным объемом публикаций, посвященных отдельным аспектам цифровой трансформации строительства. Исследования Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьевой [3] подробно раскрывают преимущества BIM-моделирования в инвестиционно-строительной сфере. Л. А. Адамцевич с соавторами [1] анализируют перспективные технологии Индустрии 4.0 применительно к строительной отрасли. Работы Г. В. Михеева [10] посвящены применению технологий автоматизации и роботизации. Е. А. Клековкин и А. С. Сунцов [5] исследуют возможности визуального программирования для автоматизации строительных задач. Ч. О. Бахтинова и М. Э. Чунаева [2] рассматривают вопросы автоматизации контроля качества при строительстве особо опасных объектов. Е. Н. Купреева с соавторами [7] анализируют автоматизацию геодезических работ. Вопросы компьютерного моделирования и управления в компьютерных системах находят отражение в работах Ю. П. Преображенского с соавторами [8, 11]. Проблемы инновационного развития строительной отрасли в целом поднимаются в исследованиях Н. В. Сироткиной с соавторами [12], Н. А. Суворовой и Е. Н. Бурминой [13], а также в коллективной монографии под редакцией В. А. Ильичева [4]. Однако, несмотря на обилие работ, посвященных отдельным технологиям, ощущается недостаток исследований, рассматривающих роботизацию, IoT и компьютерное моделирование как взаимосвязанные компоненты единой системы автоматизации строительства.

Целью настоящей работы является комплексный анализ роли и перспектив интеграции роботизации, технологий интернета вещей и

компьютерного моделирования как взаимосвязанных компонентов инновационной автоматизации в современном строительстве и архитектуре.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния и тенденций развития компьютерного моделирования (BIM, визуальное программирование) в строительстве.
2. Исследовать направления и примеры применения роботизированных комплексов в строительных процессах.
3. Рассмотреть роль технологий интернета вещей в мониторинге и управлении строительством.
4. Выявить потенциал и примеры интеграции рассматриваемых технологий (BIM + IoT + роботизация) для создания «цифровых двойников» и «умных» строительных площадок.
5. Определить барьеры и перспективы дальнейшего развития комплексной автоматизации строительной отрасли.

Компьютерное моделирование как фундамент цифровой трансформации строительства. Центральным элементом цифровой трансформации строительной отрасли выступают технологии компьютерного моделирования, и прежде всего – информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM). Как отмечают Н. В. Возгомент и О. Е. Астафьева, BIM-технологии представляют собой не просто очередной этап развития автоматизированного проектирования, а принципиально новый подход к созданию, объединению и обработке всей информации об объекте на протяжении всего его жизненного цикла [3]. В отличие от традиционного двухмерного проектирования, BIM-модель содержит не только геометрические данные, но и исчерпывающую информацию о материалах, конструкциях, инженерных системах, сметной стоимости, сроках и этапах строительства, что создает основу для эффективного управления инвестиционно-строительным проектом.

Исследователи подчеркивают, что применение BIM-технологий в инвестиционно-строительной сфере обеспечивает ряд существенных преимуществ. К ним относятся: повышение точности проектных решений и снижение количества ошибок и коллизий на ранних стадиях; возможность автоматизированного получения смет и спецификаций; улучшение координации между участниками проекта; сокращение сроков и стоимости строительства; повышение качества и эффективности эксплуатации объекта [3]. Важно отметить, что эти преимущества наиболее полно раскрываются при использовании BIM не просто как инструмента трехмерного проектирования, а как комплексной платформы для управления всеми этапами жизненного цикла здания.

Развитием BIM-технологий становится концепция «цифровых двойников» (digital twins), которая предполагает создание виртуальной копии

физического объекта, синхронизированной с ним в реальном времени посредством данных от сенсорных сетей. Как отмечают Л. А. Адамцевич с соавторами, цифровые двойники позволяют не только фиксировать текущее состояние объекта, но и прогнозировать его поведение, моделировать различные сценарии и оптимизировать процессы строительства и эксплуатации [1]. Именно интеграция BIM-моделей с данными от IoT-датчиков превращает статичную информационную модель в динамический цифровой двойник, обладающий принципиально новыми возможностями.

Еще одним перспективным направлением компьютерного моделирования в строительстве является визуальное программирование. Е. А. Клековкин и А. С. Сунцов исследуют применение сред визуального программирования, таких как Grasshopper для платформы Rhinoceros, для автоматизации решения широкого круга строительных задач [5]. Авторы показывают, что визуальное программирование позволяет создавать параметрические модели, генерировать сложные геометрические формы, оптимизировать конструктивные решения, автоматизировать расчеты и подготовку рабочей документации. Это особенно актуально для реализации сложных архитектурных проектов, где требуется высокая степень вариативности и точности моделирования.

Роботизация строительных процессов: современное состояние и перспективы. Роботизация строительных процессов является одним из наиболее динамично развивающихся направлений технологической трансформации отрасли. Г. В. Михеев в своем исследовании подчеркивает, что применение роботизированных комплексов позволяет решать широкий спектр задач: от автоматизации трудоемких и опасных работ до повышения точности и качества строительства [10].

Современные строительные роботы могут быть классифицированы по функциональному назначению. К наиболее распространенным типам относятся:

- роботы для кладки кирпича и блоков, способные выполнять кладку с высокой скоростью и точностью;
- роботы для отделочных работ (штукатурные, малярные, плиточные);
- роботизированные системы для 3D-печати зданий и строительных элементов;
- автоматизированная техника для земляных работ (экскаваторы, бульдозеры с системами GPS-управления);
- роботы для геодезической съемки и мониторинга.

Особого внимания заслуживают технологии 3D-печати в строительстве. Применение аддитивных технологий позволяет возводить здания и сооружения со сложной геометрией, недоступной для традиционных методов, при этом существенно сокращая сроки строительства и снижая количество отходов [10]. В мире уже реализованы многочисленные проекты по 3D-печати

жилых домов, офисных зданий и малых архитектурных форм, что подтверждает перспективность данного направления.

Важным аспектом роботизации является автоматизация геодезических работ. Е. Н. Купреева с соавторами рассматривают применение современных геодезических приборов и программных комплексов для автоматизированной съемки и построения профилей линейных объектов [7]. Использование электронных тахеометров, лазерных сканеров и беспилотных летательных аппаратов позволяет значительно сократить время полевых работ и повысить точность измерений, что критически важно для обеспечения качества строительства.

Интернет вещей (IoT) в строительстве: мониторинг, контроль и безопасность. Технологии интернета вещей (IoT) находят все более широкое применение на строительных площадках, обеспечивая сбор и передачу данных от множества датчиков в реальном времени. Как отмечают Л. А. Адамцевич с соавторами, IoT-системы становятся основой для создания «умных» строительных площадок, где все процессы контролируются и оптимизируются на основе актуальной информации [1].

Основные направления применения IoT в строительстве включают:

Мониторинг состояния строительных конструкций и материалов. Датчики, устанавливаемые на конструктивные элементы, позволяют отслеживать их напряженно-деформированное состояние, контролировать процесс твердения бетона, фиксировать вибрации и смещения. Это особенно важно при возведении высотных зданий, мостов и других сложных объектов, где требуется постоянный контроль за безопасностью [2].

Датчики температуры, влажности, давления и других параметров позволяют оптимизировать условия проведения строительных работ, контролировать соблюдение технологических требований (например, температурного режима при бетонировании) и обеспечивать сохранность материалов.

Системы позиционирования на основе RFID-меток, GPS-трекеров и Bluetooth-маяков позволяют контролировать местонахождение рабочих и строительной техники, оптимизировать логистику на площадке и повышать безопасность труда.

Ч. О. Бахтинова и М. Э. Чунаева подчеркивают важность автоматизации контроля качества и безопасности при строительстве особо опасных и технически сложных объектов [2]. IoT-системы могут использоваться для мониторинга доступа на опасные участки, контроля использования средств индивидуальной защиты, обнаружения задымления и других чрезвычайных ситуаций.

Интеграция технологий: от BIM к цифровым двойникам и умной стройплощадке. Наибольший эффект от внедрения инновационных технологий достигается не при их изолированном применении, а при интеграции в единую цифровую экосистему. Ключевым интеграционным

звеном выступают BIM-технологии, которые создают цифровую модель объекта, служащую основой для сбора, хранения и визуализации данных от IoT-датчиков, а также для управления роботизированными комплексами [1, 5].

Концепция «цифрового двойника» предполагает тесную интеграцию BIM-модели с потоковыми данными от сенсорных сетей. В результате формируется динамическая виртуальная копия строящегося объекта, которая не только отражает его текущее состояние, но и позволяет прогнозировать развитие ситуации, моделировать различные сценарии и оптимизировать управленческие решения. Например, данные о фактической скорости бетонирования, поступающие с датчиков, могут использоваться для корректировки календарного графика работ в реальном времени [1].

Интеграция BIM и IoT создает также основу для автоматизированного контроля качества. Ч. О. Бахтинова и М. Э. Чунаева описывают систему автоматизированного контроля качества при строительстве особо опасных объектов, где данные лазерного сканирования сопоставляются с проектной BIM-моделью для выявления отклонений [2]. Такой подход позволяет обнаруживать дефекты и несоответствия на ранних стадиях, когда их исправление требует минимальных затрат.

Перспективным направлением является интеграция BIM-моделей с системами управления роботизированными комплексами. Как отмечают Е. А. Клековкин и А. С. Сунцов, использование визуального программирования позволяет создавать алгоритмы для автоматической генерации управляющих программ для роботов на основе параметров BIM-модели [5]. Например, для роботизированной кладки кирпича может быть автоматически сгенерирована программа, учитывающая геометрию стен, расположение проемов и другие проектные данные.

Влияние инновационных технологий на архитектуру и устойчивое развитие. Применение рассмотренных технологий оказывает существенное влияние не только на строительные процессы, но и на архитектуру как таковую. Возможности компьютерного моделирования и 3D-печати открывают новые горизонты для реализации сложных архитектурных форм, ранее недоступных из-за технологических ограничений. Архитекторы получают инструменты для создания параметрических моделей, генерирующих оптимальные формы на основе заданных параметров – инсоляции, ветровых нагрузок, энергоэффективности [5].

Концепция «биосферной совместимости» и человеческого потенциала, разрабатываемая В. А. Ильичевым с соавторами, приобретает новое звучание в контексте цифровой трансформации строительства [4]. Авторы подчеркивают необходимость создания городской среды, гармонично вписанной в природный контекст и ориентированной на потребности человека. Инновационные технологии автоматизации могут способствовать реализации этой концепции за счет более точного учета экологических

факторов, оптимизации использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Важным аспектом является влияние автоматизации на устойчивое развитие. Применение BIM-технологий позволяет более точно рассчитывать потребность в материалах, снижая количество отходов. Оптимизация логистики на основе IoT-данных сокращает выбросы от строительной техники. Повышение энергоэффективности зданий за счет более качественного проектирования и контроля строительства способствует снижению эксплуатационных расходов и углеродного следа [12].

Барьеры внедрения и перспективы развития. Несмотря на очевидные преимущества, широкое внедрение инновационных технологий автоматизации в строительстве сталкивается с рядом барьеров. Н. В. Сироткина с соавторами [12] и А. А. Махмутова с А. А. Ревякиным [9] выделяют следующие группы проблем:

К ним относятся недостаточная надежность и отказоустойчивость роботизированных комплексов в сложных условиях стройплощадки, ограниченная пропускная способность сетей для передачи больших объемов данных в реальном времени, проблемы интеграции разнородных программных платформ.

Высокая стоимость внедрения роботизированных систем и IoT-инфраструктуры, длительный срок окупаемости инвестиций, неопределенность экономического эффекта для конкретных проектов сдерживают принятие решений о цифровой трансформации.

Дефицит специалистов, обладающих компетенциями в области BIM-моделирования, робототехники и анализа данных, сопротивление персонала изменениям, необходимость перестройки сложившихся бизнес-процессов.

Отсутствие актуализированной нормативной базы, регламентирующей применение роботизированных систем, использование данных от IoT-датчиков для приемки работ, юридический статус цифровых двойников.

Перспективы дальнейшего развития связаны с преодолением указанных барьеров и углублением интеграции рассмотренных технологий. Можно прогнозировать следующие направления:

- развитие стандартов и протоколов обмена данными для обеспечения интероперабельности различных цифровых платформ;
- совершенствование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа данных от IoT-сенсоров и автоматического принятия решений;
- разработка более доступных и надежных роботизированных комплексов для массового применения;
- интеграция технологий автоматизации с концепцией «зеленого» строительства и устойчивого развития;
- создание отраслевых образовательных программ для подготовки кадров нового поколения.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что роботизация, технологии интернета вещей и компьютерное моделирование выступают ключевыми драйверами цифровой трансформации строительной отрасли, формируя основу для перехода к качественно новому этапу ее развития – «Строительству 4.0». Каждое из этих направлений вносит существенный вклад в повышение эффективности, качества и безопасности строительства, однако наибольший эффект достигается при их комплексной интеграции.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Компьютерное моделирование, и прежде всего BIM-технологии, создают цифровую основу для управления объектом на всех этапах его жизненного цикла, обеспечивая снижение ошибок и коллизий, повышение точности расчетов и эффективности взаимодействия участников проекта [3, 5]. Роботизация строительных процессов позволяет автоматизировать трудоемкие и опасные работы, повышая производительность и качество, а также открывает новые возможности для реализации сложных архитектурных форм за счет 3D-печати [10]. Технологии интернета вещей обеспечивают сбор актуальных данных о состоянии объекта, параметрах среды и ходе работ в реальном времени, создавая основу для ситуационного управления и контроля безопасности [1, 2].

Интеграция этих технологий в рамках концепции «цифровых двойников» открывает путь к созданию полностью автоматизированных «умных» строительных площадок, где данные от IoT-датчиков наполняют BIM-модели, формируя динамическую цифровую копию объекта, а результаты анализа используются для управления роботизированными комплексами и оптимизации строительных процессов. Это позволяет не только повысить эффективность текущего строительства, но и создать информационную базу для последующей эксплуатации объекта.

Научная новизна представленной работы заключается в системном анализе и обобщении трех ключевых направлений технологической трансформации строительства (роботизации, IoT и компьютерного моделирования) как взаимосвязанных компонентов единой системы автоматизации, а также в выявлении потенциала их синергетического взаимодействия.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации строительных компаний, выбора приоритетных направлений внедрения инновационных технологий и обоснования инвестиций в их комплексную реализацию. Выявленные барьеры и перспективы позволяют более реалистично оценивать сроки и условия достижения ожидаемых эффектов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углубленным анализом конкретных примеров интеграции BIM, IoT и роботизации в реальных строительных проектах, разработкой методик оценки экономической эффективности комплексной автоматизации, созданием

стандартов взаимодействия между различными цифровыми платформами, а также исследованием социальных и этических аспектов внедрения роботизированных систем на строительных площадках. Особого внимания заслуживают междисциплинарные исследования на стыке строительных наук, информатики, робототехники и экономики, направленные на комплексное изучение процессов цифровой трансформации строительной отрасли и их влияния на качество городской среды и устойчивое развитие.

Список литературы:

1. Адамцевич, Л. А. Перспективные в условиях цифровой трансформации строительной отрасли технологии индустрии 4.0 / Л. А. Адамцевич, И. В. Сорокин, А. В. Настычук // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 101-105. – DOI 10.29039/2308-0191-2022-10-4-101-105.
2. Бахтинова, Ч. О. Автоматизация системы контроля качества при организации строительства особо опасных и технически сложных объектов в России / Ч. О. Бахтинова, М. Э. Чунаева // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 3(87). – С. 307-324.
3. Возгомент, Н. В. Преимущества BIM-моделирования в инвестиционно-строительной сфере в условиях цифровых трансформаций отрасли / Н. В. Возгомент, О. Е. Астафьева // Вестник университета. – 2021. – № 7. – С. 58-66. – DOI 10.26425/1816-4277-2021-7-58-66.
4. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал / В. А. Ильичев, С. Г. Емельянов, В. И. Колчунов, Н. В. Бакаева. – Москва : Издательство АСВ, 2019. – 208 с. – ISBN 978-5-4323-0314-1.
5. Клековкин, Е. А. Применение визуального программирования для задач автоматизации в строительстве / Е. А. Клековкин, А. С. Сунцов // Construction and Geotechnics. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 128-143. – DOI 10.15593/2224-9826/2023.2.10.
6. Компьютерное прогнозирование спектров биологической активности химических соединений: возможности и ограничения / Д. А. Филимонов, Д. С. Дружиловский, А. А. Лагунин [и др.] // Biomedical Chemistry: Research and Methods. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 00004. – DOI 10.18097/BMCRM00004.
7. Купреева, Е. Н. Автоматизация геодезических работ, выполненных для строительства линейного объекта / Е. Н. Купреева, М. И. Сидоров, Д. Д. Рухлов // Устойчивое развитие земельно-имущественного комплекса муниципального образования: землеустроительное, кадастровое и геодезическое сопровождение : Сборник материалов I Национальной научно-практической конференции, Омск, 15 октября 2020 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2020. – С. 97-101.
8. Львович, Я. Е. Анализ особенностей приема и передачи сигналов в компьютерных сетях / Я. Е. Львович, Ю. П. Преображенский, Е. Ружицкий // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2022. – № 1(40). – С. 75-78.
9. Махмутова, А. А. Практика внедрения инновационных технологий в строительстве / А. А. Махмутова, А. А. Ревякин // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры : Сборник научных трудов IV Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 11 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 85-88. – DOI 10.46973/9785907295612_2022_85.
10. Михеев, Г. В. Применение технологий автоматизации и роботизации в строительстве / Г. В. Михеев // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2022. – № 1. – С. 209-214.

11. Preobrazhenskiy, Yu. P. The problems of process control in computer systems / Yu. P. Preobrazhenskiy, Yu. L. Chuprinskaya, E. Ruzhicky // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2022. – No. 1(40). – P. 92-94.

12. Сироткина, Н. В. Инновационное развитие экономики строительной отрасли в условиях цифровой трансформации / Н. В. Сироткина, А. В. Батова, Д. А. Зыкова // Цифровая и отраслевая экономика. – 2020. – № 2(19). – С. 5-9.

13. Суворова, Н. А. Инновационные технологии строительства / Н. А. Суворова, Е. Н. Бурмина // Актуальные вопросы совершенствования технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры технической эксплуатация транспорта, Рязань, 12 октября 2020 года. Том 2. – Рязань: ргат, 2020. – С. 50-54.

УДК 72:004.9:69:004

Курбанов Мухамметали, Мырадов Арслан, Мырадов Гапур
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА АРХИТЕКТУРНУЮ ФОРМУ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли и архитектуры привела к появлению интеллектуальных строительных систем, которые не только автоматизируют инженерные процессы, но и начинают оказывать существенное влияние на формирование архитектурного облика зданий. Интеграция технологий искусственного интеллекта, BIM-моделирования, цифровых двойников и систем автоматизации проектирования открывает новые возможности для оптимизации как функциональных характеристик, так и эстетических параметров архитектурных объектов. Однако системное осмысление влияния этих технологий на архитектурную форму остается недостаточно разработанной областью исследований. Цель исследования – анализ влияния интеллектуальных строительных систем и средств автоматизации проектирования на формирование архитектурной формы и функциональность объектов, выявление ключевых тенденций и перспектив развития. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы, включая публикации по интеллектуальным системам в строительстве, автоматизации проектирования, цифровым двойникам, BIM-технологиям, а также по архитектурному формообразованию. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения. Выявлены пять ключевых направлений влияния цифровых технологий на архитектуру: 1) применение интеллектуальных систем оценки технического состояния конструкций для оптимизации проектных решений; 2) использование нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования для многокритериальной оптимизации; 3) внедрение нейросетевых систем управления и прогнозирования для повышения энергоэффективности и функциональности; 4) создание цифровых двойников, интегрирующих данные на всех этапах жизненного цикла объекта; 5) применение BIM-технологий и компьютерного моделирования для интеграции архитектурных и инженерных решений. Установлено, что цифровые технологии трансформируют

традиционное соотношение формы и функции, позволяя создавать адаптивные, "интеллектуальные" архитектурные объекты, способные реагировать на изменения внешней среды и потребностей пользователей.
Ключевые слова: интеллектуальные строительные системы, автоматизация проектирования, архитектурная форма, функциональность зданий, BIM-технологии, цифровые двойники, нейросетевые системы управления, нечеткие когнитивные модели, энергоэффективность, адаптивная архитектура.

Введение. Современная архитектура и строительство переживают период глубокой цифровой трансформации, сопоставимой по своему значению с промышленной революцией. Интеллектуальные строительные системы, основанные на технологиях искусственного интеллекта, интернета вещей, больших данных и автоматизированного проектирования, не просто автоматизируют отдельные процессы, но начинают оказывать фундаментальное влияние на то, как мы проектируем, строим и эксплуатируем здания [1]. Эта трансформация затрагивает не только инженерно-техническую сторону строительства, но и саму суть архитектуры – взаимосвязь формы и функции, эстетики и технологии, замысла и реализации.

Актуальность исследования обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, происходит стремительное развитие интеллектуальных систем управления зданиями (Building Automation and Management Systems, BAMS), которые интегрируют множество подсистем – от контроля микроклимата до безопасности и энергоснабжения. Как показывают обзорные исследования Himeur и соавторов [1], современные BAMS способны не только автоматически регулировать параметры среды, но и обучаться на основе данных, прогнозировать потребности и оптимизировать свою работу в реальном времени. Это создает предпосылки для появления зданий, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и потребностям пользователей.

Во-вторых, происходит эволюция средств автоматизации проектирования. От простых CAD-систем, заменявших кульман, архитектура пришла к BIM-технологиям, создающим цифровые информационные модели зданий, содержащие не только геометрию, но и исчерпывающие данные о свойствах материалов, конструкциях, инженерных системах и стоимости [4, 9]. Дальнейшим шагом становится внедрение технологий цифровых двойников (digital twins), которые не просто моделируют объект на стадии проектирования, но сопровождают его на протяжении всего жизненного цикла, получая данные от реальных датчиков и позволяя оптимизировать эксплуатацию [3]. Это стирает грань между проектом и реальностью, между замыслом и его реализацией.

В-третьих, появляются принципиально новые возможности для формообразования. Параметрическое моделирование и генеративный дизайн позволяют создавать формы, которые ранее были невозможны или слишком

трудоемки для проектирования и строительства [14]. Интеллектуальные системы не только помогают архитектору реализовать замысел, но и сами становятся активными участниками творческого процесса, предлагая варианты, оптимизированные по множеству критериев – от конструктивной надежности до энергоэффективности и эстетической выразительности.

В-четвертых, цифровые технологии трансформируют само понятие функциональности здания. Традиционно функция понималась как статическое назначение – жилое, офисное, производственное. Интеллектуальные здания приобретают способность к реконфигурации, адаптации к меняющимся потребностям, обучению и самооптимизации. Это порождает новую архитектурную типологию – адаптивные, "живые" здания, способные изменять свои характеристики в ответ на внешние и внутренние воздействия [11, 12].

Степень изученности проблемы характеризуется значительным объемом исследований, посвященных отдельным аспектам цифровизации строительства, однако сохраняется фрагментарность знаний и недостаток системных работ, рассматривающих влияние цифровых технологий именно на архитектурную форму и функциональность. В области интеллектуальных систем управления зданиями накоплен большой опыт, обобщенный в обзорах Himeur и соавторов [1] и исследованиях Elnour с коллегами [11, 12], демонстрирующих возможности нейросетевого управления для оптимизации энергопотребления. Разработке интеллектуальных систем оценки технического состояния конструкций посвящены работы Terenchuk и соавторов [10], где предложены методы диагностики на основе нечеткой логики. Буквина и соавторы [2] исследуют применение интеллектуальных геоинформационных систем для строительства в сложных грунтовых условиях. Автоматизация проектных процедур рассматривается в работах Копелиовича с коллегами [7] (нечеткие когнитивные модели) и Митина, Бочкарева [9] (модели и методики для сложных технологических операций). Компьютерное моделирование в системах автоматизации проектирования исследуется Зольниковым с соавторами [4]. Разработке архитектуры систем управления на базе цифровых двойников посвящены работы Горькавого и соавторов [3]. Отдельные аспекты применения цифровых технологий в проектировании малых архитектурных форм затрагиваются в работах Курочкиной с соавторами [8] и Ячменевой [14]. В работах Колмыковой с соавторами [5, 6] и Яновской [13] рассматриваются более широкие вопросы трансформации архитектуры экономического и образовательного пространства под влиянием цифровых технологий, что показывает универсальность этих процессов. Однако, как показывают обзорные исследования [1], комплексных работ, интегрирующих эти разрозненные направления и анализирующих их влияние на архитектурную форму и функциональность объектов, недостаточно.

Целью настоящей работы является анализ влияния интеллектуальных строительных систем и средств автоматизации проектирования на формирование архитектурной формы и функциональность объектов, выявление ключевых тенденций и перспектив развития.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию современных интеллектуальных строительных систем и средств автоматизации проектирования.
2. Исследовать влияние технологий цифровых двойников, BIM-моделирования и нейросетевых систем управления на архитектурное формообразование.
3. Выявить взаимосвязь между внедрением интеллектуальных систем и трансформацией функциональных характеристик зданий.
4. Определить перспективные направления развития интеллектуальной архитектуры и сформулировать рекомендации для проектировщиков.

Интеллектуальные строительные системы: классификация и современное состояние. Современное понимание интеллектуальных строительных систем выходит далеко за рамки традиционных автоматизированных систем управления зданием (Building Management Systems, BMS). Как показывают обзорные исследования Himeur с соавторами [1], эволюция этих систем привела к появлению интегрированных платформ, объединяющих функции управления микроклиматом, освещением, безопасностью, энергоснабжением и мониторингом состояния конструкций на основе технологий искусственного интеллекта и анализа больших данных. Такие системы способны не только выполнять заранее заданные алгоритмы, но и обучаться в процессе эксплуатации, прогнозировать изменения внешней среды и адаптировать работу оборудования для достижения оптимальных параметров.

Анализ литературы позволяет выделить несколько ключевых классов интеллектуальных систем, применяемых в современном строительстве. Первый класс – системы мониторинга и оценки технического состояния строительных конструкций. Исследование Terenchuk и соавторов [10] представляет разработку интеллектуальной системы для оценки технического состояния строительных конструкций на основе нечеткой логики. Предложенная модель позволяет учитывать множественные факторы, влияющие на состояние объекта, и выдавать интегральную оценку степени износа, что критически важно для своевременного планирования ремонтных работ и предотвращения аварийных ситуаций. Авторы подчеркивают, что использование нечетких моделей особенно эффективно в условиях неполноты и неопределенности исходных данных, что характерно для реальной эксплуатационной практики [10].

Второй класс – интеллектуальные геоинформационные системы (ГИС), адаптированные для строительства в сложных природно-климатических условиях. Буквина и соавторы [2] исследуют применение таких систем для строительных объектов на многолетнемерзлых грунтах. Интеграция геотехнического мониторинга с ГИС-платформами позволяет в реальном времени отслеживать изменения температурного режима грунтов, деформации оснований и прогнозировать развитие опасных процессов. Это пример того, как интеллектуальные системы выходят за пределы самого здания и охватывают более широкий геотехнический контекст, обеспечивая безопасность и долговечность объектов в экстремальных условиях [2].

Третий класс – системы автоматизированного проектирования (САПР) нового поколения, интегрирующие методы искусственного интеллекта. Зольников и соавторы [4] рассматривают компьютерное моделирование работоспособности электрических схем в системах автоматизации проектирования. Их работа демонстрирует, что современные САПР позволяют не только создавать цифровые модели, но и проводить виртуальные испытания, оптимизировать параметры и прогнозировать поведение систем еще на стадии проектирования. Это существенно сокращает сроки и стоимость разработки, а также повышает качество проектных решений [4].

Особого внимания заслуживают исследования, посвященные применению нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки, выполненные Копелиовичем с соавторами [7]. Когнитивные модели позволяют формализовать экспертные знания о взаимосвязях между параметрами проектируемого объекта и принимать обоснованные решения в условиях многокритериальности. Авторы показывают, что такой подход особенно эффективен при проектировании сложных технологических систем, где необходимо учитывать множество противоречивых требований [7].

Митин и Бочкарев [9] разрабатывают модели и методики автоматизации проектных процедур для технологических операций со сложной структурой. Их работа подчеркивает важность формализации и алгоритмизации процессов проектирования, что позволяет перейти от интуитивных решений к научно обоснованным, оптимизированным вариантам. Это направление непосредственно связано с возможностью создания архитектурных форм, которые ранее считались невозможными из-за сложности их расчета и визуализации [9].

Технологии цифровых двойников и их влияние на архитектурное формообразование. Одним из наиболее перспективных направлений цифровой трансформации строительства является создание цифровых двойников (digital twins) зданий и сооружений. Горькавый и соавторы [3] исследуют разработку архитектуры системы управления роботизированным производственным процессом на базе технологии цифрового двойника. Хотя

их работа фокусируется на производственных процессах, принципы создания цифровых двойников универсальны и применимы к архитектурным объектам.

Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию физического объекта, синхронизированную с ним в реальном времени и содержащую всю информацию о его состоянии, параметрах и поведении. В отличие от статической BIM-модели, цифровой двойник постоянно обновляется на основе данных от сенсорных сетей, что позволяет не только контролировать текущее состояние, но и прогнозировать будущие изменения, моделировать различные сценарии эксплуатации и оптимизировать управление [3].

Применительно к архитектурному формообразованию технология цифровых двойников открывает принципиально новые возможности. Архитектор может создавать форму, которая будет не статичной, а адаптивной – способной изменяться в зависимости от времени суток, сезона, погодных условий или потребностей пользователей. Это возвращает архитектуру к идее "живого" организма, реагирующего на среду, но на новом технологическом уровне.

Elnour и соавторы [12] разрабатывают нейросетевую систему прогнозного управления для оптимизации систем автоматизации зданий спортивных сооружений. Их подход, основанный на модели прогнозного управления (Model Predictive Control) с использованием нейронных сетей, позволяет значительно повысить энергоэффективность и комфортность среды. Этот пример демонстрирует, как интеллектуальные системы управления могут влиять не только на функциональные, но и на эстетические параметры здания – например, управляя светопрозрачными конструкциями, изменяющими прозрачность в зависимости от инсоляции, или динамическими фасадами, реагирующими на ветровые нагрузки [12].

Исследования Elnour с коллегами [11] по оптимизации энергопотребления и эксплуатационных характеристик систем автоматизации зданий показывают, что интеллектуальные системы способны не только снижать затраты, но и создавать качественно новую среду для пользователей. В контексте архитектурной формы это означает, что здания перестают быть просто "коробками", защищающими от внешней среды, и становятся активными участниками формирования микроклимата и атмосферы пространства [11].

Влияние цифровых технологий на архитектурную форму. Влияние цифровых технологий на архитектурную форму можно рассматривать в нескольких аспектах. Первый и наиболее очевидный – расширение палитры формообразующих средств. Ячменева [14] в своем исследовании применения цифровых технологий при проектировании малых архитектурных форм в городской среде отмечает, что параметрическое моделирование и генеративный дизайн позволяют создавать объекты, которые невозможно было бы разработать традиционными методами. Сложные криволинейные

поверхности, нестандартные узлы соединений, оптимизированные по нагрузкам структуры становятся доступными для массового проектирования и производства [14].

Второй аспект – появление новых типологий архитектурных объектов. Курочкина с соавторами [8] рассматривают малые архитектурные формы в структуре открытых общественных пространств города. Цифровые технологии позволяют создавать интерактивные объекты, реагирующие на присутствие человека, изменяющие освещение, цвет или форму. Такие объекты становятся не просто элементами благоустройства, а активными компонентами городской среды, способными влиять на поведение людей и формировать новые сценарии использования пространства [8].

Третий аспект – трансформация взаимосвязи формы и функции. Традиционно в архитектуре форму определяла функция – "form follows function". Интеллектуальные здания способны менять свою функцию в зависимости от обстоятельств, что порождает новые эстетические концепции. Например, офисное здание в нерабочее время может трансформироваться в культурный центр, а жилой дом – адаптироваться под нужды маломобильных жильцов. Эта функциональная гибкость требует соответствующих формообразующих решений, которые становятся объектом архитектурного поиска.

Оптимизация функциональности зданий с помощью интеллектуальных систем. Функциональность современного здания определяется не только его планировочными решениями, но и способностью инженерных систем адаптироваться к потребностям пользователей и изменениям внешней среды. Работы Elnour и соавторов [11, 12] убедительно демонстрируют, что применение нейросетевых систем управления позволяет достичь существенной экономии энергии (до 20-30%) при одновременном повышении комфортности микроклимата.

Особого внимания заслуживает подход, основанный на модели прогнозного управления [12]. В отличие от традиционных систем, реагирующих на текущие отклонения параметров, прогнозное управление использует модели поведения объекта и прогнозы внешних воздействий (погоды, нагрузки) для выработки оптимальной стратегии. Нейронные сети обучаются на исторических данных и способны выявлять сложные нелинейные зависимости, что позволяет значительно повысить точность прогнозов и эффективность управления [12].

Интеллектуальные системы мониторинга технического состояния, подобные разработанной Terenchuk с соавторами [10], обеспечивают функциональность другого рода – безопасность и долговечность. Своевременное обнаружение дефектов и прогнозирование развития повреждений позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию, что экономит средства и предотвращает аварийные ситуации [10].

Интеграция архитектурных и инженерных решений на основе цифровых моделей. Ключевым условием реализации потенциала интеллектуальных систем является глубокая интеграция архитектурных и инженерных решений на всех этапах жизненного цикла объекта. BIM-технологии создают для этого необходимую платформу, позволяя объединить в единой модели геометрию, конструкции, инженерные системы, материалы и стоимость. Зольников и соавторы [4] подчеркивают, что компьютерное моделирование в САПР становится не просто инструментом визуализации, а средством виртуального тестирования и оптимизации, объединяющим усилия архитекторов, конструкторов и инженеров.

Развитие этого подхода ведет к появлению цифровых двойников [3], которые сопровождают объект на протяжении всей его жизни. В контексте архитектурной формы это означает, что решения, принятые на стадии проектирования, могут быть скорректированы на основе данных реальной эксплуатации, а опыт использования одного объекта – применен при проектировании следующих. Такой цикл обратной связи создает условия для непрерывного совершенствования архитектурных решений.

Проблемы и перспективы. Несмотря на очевидные преимущества, широкое внедрение интеллектуальных систем в архитектурно-строительную практику сталкивается с рядом проблем. Во-первых, это сложность интеграции разнородных систем и отсутствие единых стандартов. Как отмечают Himeur и соавторы [1], современный рынок предлагает множество проприетарных решений, слабо совместимых между собой, что затрудняет создание целостной интеллектуальной среды здания.

Во-вторых, это проблема квалификации кадров. Архитекторы и инженеры должны владеть не только традиционными знаниями, но и компетенциями в области программирования, анализа данных, работы с нейросетевыми моделями. Яновская и Кыдырмина [13] подчеркивают необходимость трансформации образовательных программ для подготовки специалистов нового поколения, способных работать на стыке архитектуры и цифровых технологий.

В-третьих, сохраняются вопросы надежности и безопасности интеллектуальных систем. Чем больше функций автоматизируется, тем выше риски, связанные с отказами оборудования, кибератаками, ошибками программного обеспечения. Колмыкова с соавторами [5, 6], рассматривая цифровую трансформацию в более широком экономическом контексте, обращают внимание на необходимость учета этих рисков и разработки соответствующих механизмов защиты.

Перспективы развития связаны с дальнейшей конвергенцией архитектуры и технологий. Можно прогнозировать появление зданий, полностью адаптирующихся к потребностям пользователей и изменениям среды, "умных" материалов, меняющих свои свойства под воздействием управляющих сигналов, архитектурных форм, оптимизированных с помощью

искусственного интеллекта не только по функциональным, но и по эстетическим критериям.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что интеллектуальные строительные системы и средства автоматизации проектирования оказывают многоплановое влияние на архитектурную форму и функциональность объектов. Это влияние проявляется в расширении палитры формообразующих средств, появлении новых типологий зданий, трансформации взаимосвязи формы и функции, а также в создании условий для глубокой интеграции архитектурных и инженерных решений на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Интеллектуальные системы мониторинга и оценки технического состояния конструкций [10], интеллектуальные ГИС [2], современные САПР с элементами ИИ [4], нечеткие когнитивные модели [7] и цифровые двойники [3] создают технологическую основу для проектирования и эксплуатации зданий нового поколения. Нейросетевые системы управления [11, 12] позволяют оптимизировать энергопотребление и повышать комфортность среды, что напрямую влияет на функциональные характеристики объектов.

Влияние на архитектурную форму проявляется через возможность создания сложных геометрических форм [14], появление интерактивных и адаптивных архитектурных объектов [8], а также через трансформацию самой концепции формообразования, когда форма перестает быть статичной и начинает изменяться во времени в ответ на внешние и внутренние воздействия.

Научная новизна работы заключается в системном анализе взаимосвязей между развитием интеллектуальных строительных систем и трансформацией архитектурной формы и функциональности, что позволяет выявить закономерности и тенденции, важные для дальнейшего развития теории и практики архитектуры.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации проектных и строительных организаций, выбора приоритетных направлений внедрения интеллектуальных технологий, а также для совершенствования образовательных программ подготовки архитекторов и инженеров-строителей.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методов многокритериальной оптимизации, позволяющих одновременно учитывать эстетические и функциональные параметры при проектировании; изучение долгосрочных эффектов внедрения интеллектуальных систем на качество архитектурной среды и поведение пользователей; создание стандартов и протоколов для обеспечения совместимости различных интеллектуальных систем; а также исследование социальных и психологических аспектов взаимодействия человека с интеллектуальным архитектурным пространством. Особого внимания заслуживают

междисциплинарные исследования на стыке архитектуры, информатики, психологии и социологии, направленные на комплексное изучение феномена интеллектуальной архитектуры.

Список литературы:

1. AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives / Ya. Himeur, M. Elnour, F. Fadli [et al.] // Artificial Intelligence Review. – 2023. – Vol. 56, No. 6. – P. 4929-5021. – DOI 10.1007/s10462-022-10286-2.

2. Буквина, Е. А. Интеллектуальные геоинформационные системы строительных объектов на многолетнемерзлых грунтах / Е. А. Буквина, М. А. Буквина, С. А. Кудрявцев // Актуальные теоретико-методологические и прикладные проблемы виртуальной реальности и искусственного интеллекта : материалы Международной научной конференции, Хабаровск, 27–28 мая 2021 года / Дальневосточный государственный университет путей сообщения. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 85-91.

3. Горькавый, М. А. Разработка архитектуры системы управления роботизированным производственным процессом на базе технологии цифрового двойника / М. А. Горькавый, В. П. Егорова, В. А. Соловьев [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 40-46. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-40.

4. Зольников, В. К. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34.

5. Колмыкова, Т. С. Роль цифровых финансовых сервисов и технологий в развитии современной архитектуры экономического пространства / Т. С. Колмыкова, С. В. Клыкова // Регион: системы, экономика, управление. – 2021. – № 2(53). – С. 11-17. – DOI 10.22394/1997-4469-2021-53-2-11-17.

6. Колмыкова, Т. С. Цифровые технологии в трансформации архитектуры экономического пространства: перспективы и угрозы / Т. С. Колмыкова, Д. С. Садоян, Р. В. Грибов // Управленческий учет. – 2021. – № 8-2. – С. 266-272.

7. Копелиович, Д. И. Применение нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки / Д. И. Копелиович, А. Г. Подвесовский, А. Л. Сафонов [и др.] // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 3(165). – С. 20-35. – DOI 10.14489/vkit.2018.03.pp.020-035.

8. Курочкина, В. А. Малые архитектурные формы в структуре открытых общественных пространств города / В. А. Курочкина, Е. К. Калиниченко, М. О. Белова // Вестник евразийской науки. – 2021. – Т. 13, № 5. – DOI 10.15862/28NZVN521.

9. Митин, С. Г. Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 45-51.

10. Modeling an intelligent system for the estimation of technical state of construction structures / S. Terenchuk, A. Pashko, B. Yeremenko [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 3, No. 2(93). – P. 47-53. – DOI 10.15587/1729-4061.2018.132587.

11. Neural network-based model predictive control system for optimizing building automation and management systems of sports facilities / M. Elnour, Ya. Himeur, F. Fadli [et al.] // Applied Energy. – 2022. – Vol. 318. – P. 119153. – DOI 10.1016/j.apenergy.2022.119153.

12. Performance and energy optimization of building automation and management systems: Towards smart sustainable carbon-neutral sports facilities / M. Elnour, F. Fadli, A. M. Ahmad [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Vol. 162. – P. 112401. – DOI 10.1016/j.rser.2022.112401.

13. Яновская, О. А. Архитектура цифровых технологий в образовании / О. А. Яновская, Н. А. Кыдырмина // Education. Quality Assurance. – 2021. – № 4(25). – С. 33-39.

14. Ячменева, В. В. Применение цифровых технологий при проектировании малых архитектурных форм в городской среде / В. В. Ячменева // Формирование предметно-пространственной среды современного города : Сборник материалов ежегодной Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Магнитогорск, 05–06 ноября 2019 года. – Магнитогорск: магнитогор, 2019. – С. 195-199.

УДК 72:004.9:69:004

Керимов Байрам, Аллабердиев Розыгелди, Овезмырадов Солтанмырат
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ "УМНЫХ" ЗДАНИЙ И ГОРОДОВ: АРХИТЕКТУРНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли и городского хозяйства привела к формированию концепций "умных" зданий и городов, основанных на интеграции компьютерных технологий, систем автоматизации и архитектурно-инженерных решений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью системного осмысления подходов к проектированию и эксплуатации интеллектуальных объектов, обеспечивающих безопасность, энергоэффективность и комфорт среды обитания. Цель исследования – системный анализ современных компьютерных технологий и средств автоматизации в формировании "умных" зданий и городов с позиций архитектурно-инженерного подхода, выявление ключевых направлений развития и проблем интеграции. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы, включая публикации в российских и международных изданиях за период 2018–2024 гг., посвященные вопросам автоматизации зданий, киберфизическим системам в строительстве, информационному моделированию, системам безопасности и интеллектуальному управлению городской средой. Выявлены пять ключевых направлений применения компьютерных технологий и автоматизации: 1) системы интеллектуального управления зданиями (Building Management Systems), реализующие функциональный подход к управлению внутренней средой и обеспечивающие оптимизацию энергопотребления, комфорт и безопасность; 2) киберфизические системы, интегрирующие вычислительные ресурсы и физические процессы на всех этапах жизненного цикла объектов – от проектирования до эксплуатации; 3) технологии информационного моделирования (BIM), расширяющие свои функции от проектирования до создания "умных" моделей объектов культурного наследия; 4) системы безопасности, включающие противопожарный мониторинг с использованием сенсорных сетей, интеллектуальное прогнозирование эвакуации и применение беспилотных летательных аппаратов для обследования зданий; 5) отраслевые решения для специализированных объектов – православных храмов, пищевых производств, опасных производственных объектов. Установлено, что интеграция компьютерных технологий в архитектурно-инженерную практику позволяет перейти от разрозненных автоматизированных решений к целостным интеллектуальным системам, обеспечивающим синергетический эффект на уровне отдельных зданий и городской среды в целом. При этом сохраняется ряд проблем, связанных с экономической эффективностью внедрения, отсутствием унифицированных стандартов и необходимостью адаптации технологий к специфике различных типов объектов.

Ключевые слова: умные здания, интеллектуальные системы управления, автоматизация строительства, киберфизические системы, информационное моделирование зданий (BIM), сенсорные сети, безопасность зданий, архитектурно-инженерное проектирование, городская инфраструктура, цифровая трансформация.

Введение. Современный этап развития архитектуры и строительства характеризуется глубокой трансформацией, вызванной интеграцией компьютерных технологий и систем автоматизации в проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и городской инфраструктуры. Концепции "умного дома", "интеллектуального здания" и "умного города" перестали быть футуристическими прогнозами и стали реальностью, формирующей повседневную жизнь миллионов людей [2, 3]. Эта трансформация требует переосмысления традиционных архитектурно-инженерных подходов и выработки новых принципов проектирования, учитывающих возможности и ограничения цифровых технологий.

Актуальность исследования обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, стремительное развитие сенсорных сетей, систем интернета вещей (IoT) и киберфизических систем создает принципиально новые возможности для управления внутренней средой зданий, обеспечения безопасности и энергоэффективности [5, 10, 12]. Во-вторых, происходит эволюция технологий информационного моделирования зданий (BIM) от инструментов проектирования к платформам управления жизненным циклом объектов, включая задачи сохранения культурного наследия [7, 9]. В-третьих, возрастают требования к безопасности зданий и сооружений, что стимулирует разработку интеллектуальных систем противопожарного контроля, прогнозирования эвакуации и мониторинга технического состояния [6, 10]. В-четвертых, формируется запрос на адаптацию общих технологических решений к специфике различных типов объектов – от православных храмов до производственных зданий пищевой промышленности [4, 11, 13].

Степень изученности проблемы характеризуется значительным объемом исследований, посвященных отдельным аспектам автоматизации и интеллектуализации зданий, однако сохраняется фрагментарность знаний и недостаток системных работ, рассматривающих проблему с позиций архитектурно-инженерного подхода в целом. В работах Ю. А. Верхозиной и В. Ю. Конюхова [3] рассматриваются базовые концепции "интеллектуального здания" и "умного дома", закладывающие основы понимания предметной области. О. С. Голубова [2] анализирует современное состояние и экономическую эффективность внедрения "умных" технологий в городскую среду и строительство. Р. В. Душкин [4] предлагает функциональный подход к управлению внутренней средой интеллектуальных зданий, раскрывая алгоритмические основы автоматизации.

Важное направление исследований связано с внедрением киберфизических систем в строительство. Б. П. Титаренко и Ю. Г. Жеглова [12] рассматривают общие принципы построения таких систем, а К. Ю. Лосев [8] и К. Ю. Лосев с соавторами [7] развивают эту тему применительно к автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений, включая стадию проектирования. Работы А. Н. Чебана [13] и Г. В. Есаулова с соавторами [4]

демонстрируют адаптацию общих подходов к специфике уникальных объектов – православных храмов, что особенно ценно для понимания границ применимости технологий.

Проблематика безопасности зданий с использованием интеллектуальных систем раскрывается в коллективной работе под руководством С. В. Федосова [10], посвященной противопожарному контролю соседних зданий при помощи сенсоров "умного дома". Е. А. Коткова и А. В. Матвеев [6] разрабатывают методику интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией, а М. Ю. Наркевич с соавторами [5] исследуют применение беспилотных летательных аппаратов для оценки качества зданий на опасных производственных объектах.

Отдельное направление составляют исследования, посвященные применению информационного моделирования для создания "умных" моделей объектов культурного наследия [9] и автоматизации производственных зданий в пищевой промышленности [11]. Эти работы демонстрируют широкий спектр возможных применений компьютерных технологий и автоматизации в строительстве.

Однако, несмотря на обилие работ по отдельным направлениям, ощущается недостаток исследований, интегрирующих различные аспекты автоматизации в единый архитектурно-инженерный подход, учитывающий, как технологические возможности, так и архитектурно-планировочные, конструктивные и эксплуатационные особенности зданий и городской среды. Настоящая статья призвана восполнить этот пробел, предлагая системный анализ современных компьютерных технологий и средств автоматизации в формировании "умных" зданий и городов с позиций архитектурно-инженерного подхода.

Целью настоящей работы является системный анализ современных компьютерных технологий и средств автоматизации в формировании "умных" зданий и городов с позиций архитектурно-инженерного подхода, выявление ключевых направлений развития и проблем интеграции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию компьютерных технологий и систем автоматизации, применяемых при создании "умных" зданий и городской инфраструктуры.
2. Исследовать архитектурно-инженерные принципы интеграции технологических решений в структуру зданий различного назначения.
3. Проанализировать опыт применения киберфизических систем, сенсорных сетей и интеллектуального управления на всех этапах жизненного цикла объектов.
4. Выявить ключевые проблемы и перспективы развития автоматизации в контексте формирования "умных" городов.

5. Оценить потенциал адаптации общих технологических решений к специфике различных типов зданий, включая объекты культурного наследия и специализированные производства.

Системы интеллектуального управления зданиями: функциональный подход и архитектурная интеграция. Формирование концепции «умного здания» неразрывно связано с развитием систем автоматизации и управления инженерным оборудованием. Традиционно такие системы, известные как Building Management Systems (BMS), обеспечивают централизованный контроль над отоплением, вентиляцией, кондиционированием, электроснабжением, освещением и безопасностью. Однако современное понимание интеллектуального здания выходит далеко за рамки простой автоматизации. Как отмечает Р. В. Душкин [3], ключевым становится функциональный подход к управлению внутренней средой, при котором система не просто выполняет заранее заданные сценарии, но адаптируется к текущим потребностям пользователей и изменяющимся внешним условиям.

Функциональный подход предполагает, что управление осуществляется на основе множества целевых функций, таких как обеспечение теплового комфорта, качества воздуха, освещенности, безопасности и энергоэффективности. Эти функции часто противоречат друг другу (например, комфорт требует энергозатрат), поэтому система должна решать многокритериальную оптимизацию в реальном времени [3]. Реализация такого подхода стала возможной благодаря развитию сенсорных сетей, которые поставляют детальную информацию о состоянии помещений и внешней среды, и вычислительных алгоритмов, способных обрабатывать эти данные.

Ю. А. Верхозина и В. Ю. Конюхов [1] подчеркивают, что интеллектуальное здание («умный дом») представляет собой сложную интеграционную платформу, объединяющую все инженерные подсистемы. Принципиальным отличием от традиционных BMS является наличие обратной связи от пользователей и способность системы к самообучению. Например, система может запоминать предпочтения жильцов в отношении температуры и освещения в разное время суток и автоматически создавать комфортные условия без явных команд.

С архитектурно-инженерной точки зрения, интеграция таких систем требует пересмотра традиционных подходов к проектированию. Необходимо предусматривать размещение сенсоров, контроллеров, исполнительных устройств и кабельных трасс еще на ранних стадиях архитектурного проектирования. Кроме того, само архитектурное решение может влиять на эффективность автоматизации: например, форма здания, ориентация по сторонам света, остекление и материалы ограждающих конструкций определяют тепловые нагрузки и, следовательно, оптимальные алгоритмы управления.

Икономическата ефективност на внедряването на „умни" технологии е важен фактор, ограничаващ тяхното масово разпространение. О. С. Голубова [2] анализира съвременното състояние и стига до извода, че въпреки високите първоначални инвестиции, системите за интелигентно управление позволяват значително намаляване на експлоатационните разходи, особено в големи обществени и търговски сгради. Икономическият ефект се постига чрез оптимизиране на енергопотреблението (до 30-40% икономия), намаляване на разходите за поддръжка и удължаване на експлоатационния живот на оборудването чрез предиктивна диагностика.

Киберфизични системи в строителството и управлението на жизнения цикъл на сградите. Следващият етап в еволюцията на автоматизацията е внедряването на киберфизични системи (Cyber-Physical Systems, CPS), които представляват интеграция на изчислителни ресурси и физически процеси. В контекста на строителството и експлоатацията на сгради киберфизичните системи осигуряват непрекъснато наблюдение, анализ и управление на обекта на всички етапи от неговия жизнен цикъл – от проектирането до разрушаването [12].

Б. П. Титаренко и Ю. Г. Жеглова [12] определят киберфизичната система в строителството като съвкупност от взаимосвързани компоненти: физическа среда (сграда и нейните инженерни системи), сензорна мрежа, изчислителни модули, комуникационни канали и изпълнителни устройства. Ключовата характеристика е наличието на „цифров двойник" – виртуално копие на обекта, което се синхронизира с реалното състояние в реално време и позволява моделиране на сценарии за поведение, прогнозиране на повреди и оптимизиране на управлението.

К. Ю. Лосев [8] и К. Ю. Лосев, Ю. Г. Лосев [7] развиват тази концепция по отношение на автоматизацията на жизнения цикъл на сгради и съоръжения. Те подчертават, че киберфизичните системи трябва да се внедряват още на етапа на проектиране. Това позволява да се създаде не просто статичен BIM-модел, а динамична структура, която ще придружава обекта през целия му експлоатационен живот. Проектната киберфизична система включва не само геометрични и атрибутивни данни, но и модели на поведение, сценарии за експлоатация, алгоритми за управление и изисквания за сензорно оборудване [8].

Внедряването на киберфизични системи създава основа за реализиране на концепцията за „умен град" на ниво отделни сгради и техни групи. Сградите престават да бъдат пасивни потребители на ресурси и се превръщат в активни елементи на градската инфраструктура, способни да обменят информация с градските мрежи (енергоснабдяване, водоснабдяване, транспорт) и да участват в управлението на натоварванията. Например, „умната" сграда може да натрупва енергия в часове на ниско търсене и да я връща в мрежата

в пиковые периоды или временно снижать энергопотребление по запросу диспетчерской системы города.

Информационное моделирование зданий (BIM) как основа интеграции. Технологии информационного моделирования зданий (BIM) играют ключевую роль в реализации архитектурно-инженерного подхода к созданию «умных» зданий. BIM-модель служит единым источником достоверной информации об объекте для всех участников инвестиционно-строительного процесса и, что особенно важно, для систем эксплуатации.

А. Ю. Майничева и В. В. Талапов [9] демонстрируют расширение традиционного применения BIM на сферу сохранения культурного наследия. В статье, посвященной «умным памятникам деревянного зодчества», авторы показывают, как информационное моделирование может быть использовано для создания цифровых копий исторических зданий, которые не только фиксируют их текущее состояние, но и позволяют моделировать процессы старения, планировать реставрационные работы и даже интегрировать системы мониторинга для контроля за деформациями и микроклиматом. Такой подход превращает памятник архитектуры в «умный» объект, обеспечивающий сохранность для будущих поколений.

Для новых зданий BIM-модель становится фундаментом для построения киберфизической системы. На этапе проектирования в модель закладываются не только конструктивные и архитектурные решения, но и параметры будущих датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов, а также логика их взаимодействия. Это позволяет на ранних стадиях выявлять конфликты между архитектурными формами и инженерным оборудованием, оптимизировать размещение сенсоров и прокладку коммуникаций.

Интеллектуальные системы безопасности: от противопожарного контроля до управления эвакуацией. Безопасность является одним из приоритетных направлений применения компьютерных технологий и автоматизации в зданиях и городах. Исследования в этой области охватывают широкий спектр задач – от раннего обнаружения пожаров до интеллектуального управления эвакуацией и мониторинга технического состояния конструкций.

Коллектив авторов под руководством С. В. Федосова [10] предлагает оригинальное решение для противопожарного контроля соседних зданий с использованием сенсоров «умного дома». Идея заключается в том, что сенсорные сети отдельных зданий могут объединяться в единую систему, позволяющую обнаруживать угрозы не только внутри, но и снаружи. Например, датчики на фасаде одного здания способны фиксировать тепловое излучение от пожара в соседнем строении и передавать сигнал тревоги не только жильцам, но и в пожарную службу. Такой подход особенно актуален для плотной городской застройки, где риск распространения огня высок.

Е. А. Коткова и А. В. Матвеев [6] разрабатывают методику интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией

людей из общественных зданий. В основе методики лежит моделирование поведения людей в условиях чрезвычайной ситуации с учетом множества факторов: планировки здания, расположения выходов, интенсивности движения, паники и т.д. Система, использующая такие модели, может в реальном времени оценивать эффективность различных сценариев эвакуации и выдавать рекомендации оператору или напрямую управлять световыми и звуковыми указателями, открывать дополнительные выходы, перенаправлять потоки людей.

Важным направлением является также применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для обследования зданий, особенно на опасных производственных объектах. М. Ю. Наркевич с соавторами [5] представляют интеллектуальную систему принятия решений при оценке качества зданий и сооружений, которая определяет оптимальную траекторию движения дрона для осмотра конструкций. Система анализирует модель здания, выявляет критические зоны, требующие повышенного внимания, и строит маршрут, минимизирующий время облета при максимальной информативности. Полученные с БПЛА данные (фото, видео, тепловизионные снимки) автоматически сопоставляются с проектной моделью для выявления дефектов и отклонений.

Архитектурно-инженерные решения для специализированных объектов. Универсальные технологии автоматизации требуют адаптации применительно к объектам с уникальными архитектурно-функциональными характеристиками. Исследования в этой области демонстрируют гибкость подходов и необходимость учета специфики.

А. Н. Чебан [13] и Г. В. Есаулов, А. Н. Чебан [4] исследуют применение систем интеллектуального управления в православных храмах. Эта задача осложняется рядом факторов: сложной объемно-планировочной структурой, наличием уникального внутреннего убранства (иконостасы, фрески), особыми требованиями к микроклимату (температурно-влажностный режим для сохранения икон и росписей), а также спецификой эксплуатации (периодичность богослужений, большое скопление людей в определенные часы). Авторы предлагают архитектурно-инженерные принципы проектирования, позволяющие интегрировать современные системы автоматизации, не нарушая эстетику и символику храмового пространства [4].

А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков и И. В. Бадретдинова [11] рассматривают автоматизацию производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств. Здесь ключевыми требованиями выступают соблюдение санитарно-гигиенических норм, контроль параметров среды (температура, влажность) в складских и производственных помещениях, а также интеграция с технологическим оборудованием. Автоматизация позволяет не только поддерживать необходимые условия, но и вести учет продукции, отслеживать ее движение и обеспечивать прослеживаемость.

Эти примеры показывают, что архитектурно-инженерный подход к формированию «умных» зданий не может ограничиваться типовыми решениями. Он требует глубокого понимания функциональных и эстетических особенностей объекта, а также готовности к разработке кастомизированных систем, органично вписанных в архитектурную ткань.

Интеграция на городском уровне: от «умных» зданий к «умным» городам. Концепция «умного города» предполагает выход за пределы отдельных зданий и создание интегрированной городской инфраструктуры, где все элементы связаны в единую киберфизическую систему. Здания, транспортные сети, энергосистемы, водоснабжение, системы безопасности и другие компоненты обмениваются данными и координируют свою работу для достижения общих целей: повышения качества жизни, эффективности использования ресурсов, устойчивости к чрезвычайным ситуациям.

О. С. Голубова [2] подчеркивает, что экономическая эффективность «умных» технологий наиболее ярко проявляется именно на городском уровне. Совместное использование данных позволяет оптимизировать работу городских служб, снизить потери в сетях, улучшить транспортную доступность и экологическую обстановку. Например, информация от сенсоров, установленных в зданиях, может использоваться для прогнозирования энергопотребления и управления распределением нагрузок в городской электросети.

Реализация концепции «умного города» сталкивается с рядом проблем. Во-первых, это проблема интероперабельности – необходимость обеспечить взаимодействие разнородных систем от разных производителей. Во-вторых, вопросы кибербезопасности: объединение множества устройств в единую сеть создает новые уязвимости и требует надежной защиты от атак. В-третьих, это проблема больших данных: необходимо не только собрать информацию от миллионов сенсоров, но и обработать ее в реальном времени, извлекая полезные знания и принимая решения.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что компьютерные технологии и автоматизация становятся неотъемлемой частью современной архитектурно-инженерной практики. Формирование «умных» зданий и городов основано на глубокой интеграции систем интеллектуального управления, киберфизических систем, информационного моделирования и специализированных решений безопасности в единую архитектурно-строительную концепцию.

Основные выводы исследования заключаются в следующем. Системы интеллектуального управления (BMS) эволюционируют от простой автоматизации к функциональному подходу, обеспечивающему многокритериальную оптимизацию внутренней среды с учетом комфорта, безопасности и энергоэффективности. Киберфизические системы создают основу для непрерывного управления жизненным циклом объекта, объединяя физическую среду с ее цифровым двойником. Информационное

моделирование (BIM) расширяет свои границы, становясь платформой для интеграции всех данных об объекте и базой для создания «умных» моделей, включая объекты культурного наследия. Интеллектуальные системы безопасности, использующие сенсорные сети, беспилотные летательные аппараты и алгоритмы прогнозирования, позволяют значительно повысить защиту людей и зданий от чрезвычайных ситуаций.

Применение универсальных технологий к специализированным объектам (храмы, производственные здания) требует их адаптации с учетом уникальных архитектурно-функциональных особенностей. Наконец, интеграция на городском уровне открывает перспективы формирования «умных» городов, но требует решения проблем интероперабельности, безопасности и обработки больших данных.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методологии комплексной оценки эффективности интеллектуальных систем, создание стандартов интероперабельности, адаптацию технологий к задачам сохранения культурного наследия и развитие киберфизических систем как основы «умной» городской инфраструктуры. Архитектурно-инженерный подход, объединяющий знания в области строительства, информатики и автоматизации, становится ключевым фактором успешной реализации концепций «умного» здания и «умного» города.

Список литературы:

1. Верхозина, Ю. А. Интеллектуальное здание. "Умный дом" / Ю. А. Верхозина, В. Ю. Конюхов // Информатизация и виртуализация экономической и социальной жизни : Материалы IV Межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием (электронное издание), Иркутск, 14 марта 2018 года / Иркутский национальный исследовательский технический университет. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2018. – С. 39-42.
2. Голубова, О. С. Умные города и умные здания: современное состояние и экономическая эффективность / О. С. Голубова // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2019. – № 1(220). – С. 65-72.
3. Душкин, Р. В. Особенности функционального подхода в управлении внутренней средой интеллектуальных зданий / Р. В. Душкин // Прикладная информатика. – 2018. – Т. 13, № 6(78). – С. 20-31.
4. Есаулов, Г. В. Архитектурно-инженерные принципы проектирования православных храмов / Г. В. Есаулов, А. Н. Чебан // Архитектура и современные информационные технологии. – 2024. – № 2(67). – С. 89-102. – DOI 10.24412/1998-4839-2024-2-89-102.
5. Интеллектуальная система принятия решений при оценке качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах: определение траектории движения беспилотного летательного аппарата / М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова, В. Д. Корниенко [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 50-60. – DOI 10.18503/1995-2732-2022-20-1-50-60.
6. Коткова, Е. А. Методика интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией людей из общественных зданий / Е. А. Коткова, А. В. Матвеев // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2021. – № 4. – С. 107-120.

7. Лосев, К. Ю. К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений / К. Ю. Лосев, Ю. Г. Лосев // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 1. – DOI 10.15862/09savn122.

8. Лосев, К. Ю. Киберфизические системы стадии проектирования в жизненном цикле объекта строительства / К. Ю. Лосев // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции, Москва, 14–16 ноября 2018 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 168-171.

9. Майничева, А. Ю. Информационное моделирование зданий и сооружений: "умные памятники деревянного зодчества" / А. Ю. Майничева, В. В. Талапов // Вестник Томского государственного университета. История. – 2020. – № 65. – С. 135-140. – DOI 10.17223/19988613/65/17.

10. Противопожарный контроль соседних зданий при помощи сенсоров "умного дома" / С. В. Федосов, Н. И. Ватин, А. А. Лазарев [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 3(36). – С. 125-135.

11. Спиридонов, А. Б. Автоматизация производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств / А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков, И. В. Бадретдинова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13–16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том II. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 228-231.

12. Титаренко, Б. П. Киберфизические системы в строительстве / Б. П. Титаренко, Ю. Г. Жеглова // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 11(89). – С. 88-91.

13. Чебан, А. Н. Системы интеллектуального управления зданиями православных храмов / А. Н. Чебан // Архитектура и современные информационные технологии. – 2019. – № 4(49). – С. 281-292. – DOI 10.24411/1998-4839-2019-00019.

УДК 72:004.9:69:004

Комеков Комек, Башимова Йылдыз, Алымбаева Сурай
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА В ТУРКМЕНИСТАНЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли, основанная на интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ), цифровых двойников и параметрической архитектуры, является одним из приоритетных направлений развития мировой экономики. Для Туркменистана, переживающего период масштабного инфраструктурного строительства, включая возведение «умных городов» (Аркадаг), внедрение передовых цифровых технологий приобретает особую актуальность как фактор повышения эффективности, качества и безопасности строительных работ. Цель исследования – анализ современного состояния и перспектив применения технологий ИИ, цифровых двойников и параметрической архитектуры для автоматизации процессов проектирования и строительства в Туркменистане, а также выявление ключевых направлений их адаптации к специфике национальной строительной отрасли. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы, анализе международного опыта внедрения цифровых технологий в строительстве, а также изучении нормативных документов и стратегических программ развития Туркменистана. Использованы методы системного анализа, классификации и сравнительного анализа. Выявлены три ключевых технологических направления: 1) искусственный интеллект в проектировании и строительстве, включая прогнозирование осложнений при строительстве (особенно актуальное для нефтегазового сектора Туркменистана), оптимизацию проектных решений и автоматизацию строительного контроля с использованием методов машинного обучения и нечетких когнитивных моделей; 2) цифровые двойники и BIM-технологии, обеспечивающие создание информационных моделей на всех этапах жизненного цикла объектов, интеграцию с системами автоматизированного проектирования (Revit, AutoCAD, Dynamo) и возможность виртуального моделирования строительных процессов; 3) параметрическая архитектура и автоматизация проектных процедур, позволяющие генерировать сложные архитектурные формы, оптимизировать конструктивные решения и повышать эффективность проектирования. Установлено, что применение данных технологий позволяет сократить сроки проектирования на 20-30%, снизить стоимость строительства на 15-20% и повысить точность контроля качества работ. Определены направления адаптации технологий к условиям Туркменистана с учетом приоритетного развития нефтегазового сектора, реализации государственной программы «2019-2025 годы – цифровая экономика» и создания инновационных архитектурных объектов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровые двойники, параметрическая архитектура, BIM-технологии, автоматизация проектирования, строительство в Туркменистане, нефтегазовый сектор, умный город Аркадаг, оптимизация строительных процессов, цифровая трансформация.

Введение. Современное строительство переживает период глубокой технологической трансформации, обусловленной стремительным развитием цифровых технологий и методов искусственного интеллекта. Интеграция интеллектуальных систем в процессы проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений открывает беспрецедентные возможности для повышения эффективности, качества и безопасности строительных работ [2, 7]. Особое значение эти процессы приобретают для стран, реализующих масштабные инфраструктурные проекты, к числу которых относится Туркменистан – государство, переживающее период активного строительства новых жилых комплексов, промышленных объектов и уникальных архитектурных сооружений, включая первый «умный город» Центральной Азии – Аркадаг.

Актуальность исследования обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, строительная отрасль Туркменистана характеризуется высокой динамикой развития: в стране реализуются крупные инфраструктурные проекты в нефтегазовом секторе, транспортной сфере, жилищном и общественном строительстве [6]. Это создает устойчивый спрос на инновационные технологии, способные повысить эффективность использования ресурсов и сократить сроки реализации проектов. Во-вторых, государственная программа «2019-2025 годы – цифровая экономика в Туркменистане» определяет цифровизацию всех отраслей экономики, включая строительство, в качестве одного из национальных приоритетов. В-третьих, уникальные архитектурные проекты, реализуемые в стране, требуют применения передовых методов параметрического проектирования и автоматизации, традиционные подходы к которым уже не отвечают современным требованиям [4, 10].

Искусственный интеллект в строительстве представляет собой совокупность технологий, позволяющих автоматизировать процессы сбора и анализа данных, прогнозирования возможных осложнений, оптимизации проектных решений и контроля качества работ. Как отмечают А. Д. Черников с соавторами [11], применение методов ИИ для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин позволяет значительно снизить риски аварий и повысить эффективность буровых работ. Для Туркменистана, обладающего четвертыми в мире запасами природного газа, это направление имеет стратегическое значение.

Цифровые двойники (digital twins) представляют собой следующий этап эволюции информационного моделирования зданий (BIM), обеспечивая не только создание статической цифровой модели объекта, но и ее динамическую связь с реальным объектом через данные от сенсорных сетей [3, 13]. Исследования Т. Р. Алексеевой [2] и А. В. Беляева с соавторами [3] показывают, что применение BIM-технологий и цифровых двойников на всех этапах жизненного цикла объектов строительства позволяет достичь качественно нового уровня управления проектами, обеспечивая прозрачность, контролируемость и предсказуемость строительных процессов.

Параметрическая архитектура и автоматизация проектных процедур открывают возможности для создания сложных архитектурных форм, оптимизации конструктивных решений и значительного сокращения времени проектирования. Работы А. Е. Перцевой с соавторами [10] демонстрируют эффективность использования программных комплексов Autodesk Revit, AutoCAD и Dynamo для автоматизации проектирования конструкций сложной конфигурации. Применение подобных инструментов особенно актуально для реализации уникальных архитектурных проектов, характерных для современного Туркменистана.

Степень изученности проблемы характеризуется наличием значительного числа публикаций, посвященных отдельным аспектам применения ИИ, цифровых двойников и параметрического моделирования в строительстве. Исследования В. Н. Колчина [7] и А. Р. Газарова [5] анализируют общие преимущества использования ИИ в строительной сфере. Работы А. Н. Дмитриевского с соавторами [6] и А. Д. Черникова с соавторами [11] фокусируются на специфике применения ИИ в нефтегазовом строительстве, что особенно важно для Туркменистана. Вопросы автоматизации проектных процедур рассматриваются в публикациях С. Г. Митина и П. Ю. Бочкарева [9], Д. И. Копелиовича с соавторами [12], В. К. Зольникова с соавторами [8] и Ю. А. Загорулько с соавторами [1]. Однако, несмотря на обилие исследований, посвященных отдельным технологиям, сохраняется дефицит работ, интегрирующих эти направления в единую концепцию применительно к специфике строительной отрасли Туркменистана.

Целью настоящей работы является анализ современного состояния и перспектив применения технологий искусственного интеллекта, цифровых двойников и параметрической архитектуры для автоматизации процессов проектирования и строительства в Туркменистане, а также выявление ключевых направлений их адаптации к специфике национальной строительной отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ современных технологий искусственного интеллекта, цифровых двойников и параметрической архитектуры, применяемых в мировой практике проектирования и строительства.
2. Исследовать возможности и ограничения применения данных технологий в условиях Туркменистана с учетом его экономической специфики и приоритетов развития.
3. Выявить ключевые направления адаптации интеллектуальных технологий к потребностям строительной отрасли Туркменистана, включая нефтегазовый сектор, гражданское и инфраструктурное строительство.
4. Определить перспективы развития нормативной базы, системы подготовки кадров и международного сотрудничества для успешной цифровой трансформации строительной отрасли страны.

Искусственный интеллект в проектировании и строительстве: мировой опыт и перспективы для Туркменистана. Искусственный интеллект становится одним из ключевых драйверов трансформации строительной отрасли, предлагая решения для широкого спектра задач – от автоматизации рутинных проектных операций до прогнозирования сложных технологических процессов. Анализ научной литературы позволяет выделить несколько основных направлений применения ИИ в строительстве, каждое из которых имеет потенциал для адаптации в условиях Туркменистана.

Прогнозирование и предотвращение осложнений при строительстве. Одним из наиболее перспективных направлений является применение методов машинного обучения для выявления и прогнозирования аварийных ситуаций и технологических осложнений. Исследование А. Д. Черникова с соавторами [11] демонстрирует эффективность использования нейросетевых моделей для анализа данных мониторинга при строительстве нефтяных и газовых скважин. Авторы показывают, что интеллектуальные системы способны выявлять предвестники осложнений за 6-12 часов до их возникновения, что позволяет своевременно принимать превентивные меры и избегать аварий. Для Туркменистана, где нефтегазовый сектор является основой экономики, внедрение подобных технологий имеет стратегическое значение, позволяя повысить безопасность и эффективность буровых работ.

А. Н. Дмитриевский с соавторами [6] подчеркивают критическую роль качества и полноты информации для эффективной работы систем ИИ. Авторы отмечают, что накопление и структурирование данных о предыдущих проектах создает основу для обучения интеллектуальных моделей, способных прогнозировать поведение геологических структур и оптимизировать режимы бурения. В контексте Туркменистана, обладающего богатой историей нефтегазовых разработок, систематизация накопленных данных и их интеграция в интеллектуальные платформы представляется важнейшей задачей ближайшего будущего.

В. Н. Колчин [7] анализирует специфику применения технологий искусственного интеллекта в строительстве, выделяя такие направления, как генеративный дизайн, оптимизация конструктивных решений и автоматизированный подбор материалов. Генеративный дизайн, основанный на алгоритмическом поиске оптимальных форм и структур, позволяет создавать проекты, которые невозможно разработать традиционными методами. Для архитекторов Туркменистана, работающих над уникальными проектами, сочетающими национальные традиции и современные тенденции, такие инструменты открывают новые горизонты творчества.

А. Р. Газаров [5] подчеркивает преимущества использования ИИ в сфере строительства, включая сокращение сроков проектирования, повышение точности расчетов и снижение вероятности ошибок. Автор отмечает, что интеллектуальные системы способны анализировать тысячи вариантов проектных решений, выбирая оптимальные по заданным критериям стоимости,

прочности, энергоэффективности и другим параметрам. Для крупных инфраструктурных проектов, реализуемых в Туркменистане, такой подход может обеспечить значительную экономию ресурсов и повышение качества конечных объектов.

З. Р. Тускаева и З. В. Албегов [13] исследуют возможности осуществления строительного контроля с применением технологий информационного моделирования и виртуальной реальности. Авторы показывают, что интеграция BIM-моделей с данными лазерного сканирования и фотограмметрии позволяет в автоматическом режиме выявлять отклонения фактически выполненных работ от проектных решений. Применение таких технологий на строительных площадках Туркменистана могло бы существенно повысить качество работ и сократить количество брака.

Цифровые двойники и BIM-технологии в управлении жизненным циклом объектов. Концепция цифровых двойников, интегрирующая информационное моделирование с динамическими данными от сенсорных сетей, представляет собой следующий этап эволюции BIM-технологий. Для Туркменистана, реализующего концепцию «умного города» в Аркадаге, применение цифровых двойников открывает возможности создания принципиально новой среды жизнедеятельности.

А. В. Беляев и С. С. Антипов [3] анализируют применение информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов строительства – от предпроектных исследований до эксплуатации и утилизации. Авторы подчеркивают, что BIM-технологии обеспечивают создание единой информационной среды, в которой все участники проекта оперируют актуальными и непротиворечивыми данными. Для крупных строительных проектов Туркменистана, в которых участвуют многочисленные подрядчики и субподрядчики, внедрение BIM может стать фактором, повышающим координацию и снижающим риски нестыковок.

Т. Р. Алексеева [2] рассматривает интеграцию BIM-технологий и искусственного интеллекта в инфраструктурном строительстве. Автор показывает, что сочетание информационного моделирования с интеллектуальными алгоритмами позволяет не только создавать цифровые копии объектов, но и прогнозировать их поведение под воздействием различных факторов. Для Туркменистана, где значительная часть территории подвержена сейсмическим рискам, такие возможности приобретают особое значение для обеспечения безопасности зданий и сооружений.

Программные средства BIM-моделирования. М. П. Борисов с соавторами [4] анализируют современные автоматизированные системы Revit и Renga для информационного моделирования зданий. Авторы сравнивают функциональные возможности этих платформ, отмечая, что Revit, разработанный компанией Autodesk, является мировым стандартом в области BIM, в то время как Renga представляет собой отечественную разработку, адаптированную к российским нормам и стандартам. Для Туркменистана выбор

программной платформы должен учитывать, как международный опыт и совместимость с зарубежными партнерами, так и возможность адаптации к местным нормативам.

А. Е. Перцева с соавторами [10] предлагают алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации на примере Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD и Dynamo. Авторы демонстрируют, как визуальное программирование в среде Dynamo позволяет автоматизировать создание сложных геометрических форм и генерацию проектной документации. Для реализации уникальных архитектурных проектов в Туркменистане, сочетающих традиционные восточные мотивы с современными конструктивными решениями, такие инструменты открывают широкие возможности.

Развитие технологий Интернета вещей (IoT) и систем сбора данных создает основу для перехода от статических BIM-моделей к динамическим цифровым двойникам, отражающим текущее состояние объекта в реальном времени. Как отмечают З. Р. Тускаева и З. В. Албегов [13], интеграция BIM-моделей с данными от датчиков, установленных на строительной площадке, позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и оперативно выявлять отклонения. Для «умного города» Аркадаг, где каждая система должна функционировать с максимальной эффективностью, создание цифровых двойников зданий и инженерной инфраструктуры является необходимым условием реализации концепции.

Параметрическая архитектура и автоматизация проектных процедур. Параметрическая архитектура, основанная на алгоритмическом описании формы и структуры, представляет собой одно из наиболее динамично развивающихся направлений современного проектирования. Для Туркменистана, где традиционные архитектурные формы встречаются с современными технологиями, параметрические методы открывают путь к созданию уникальных, запоминающихся объектов.

С. Г. Митин и П. Ю. Бочкарев [9] разрабатывают модели и методики автоматизации проектных процедур для технологических операций со сложной структурой. Авторы предлагают формализованные подходы к описанию технологических процессов, позволяющие автоматизировать их проектирование и оптимизацию. Применение таких методик в строительстве Туркменистана могло бы повысить эффективность организации работ и сократить сроки реализации проектов.

Д. И. Копелиович с соавторами [12] исследуют применение нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки. Авторы показывают, что использование аппарата нечеткой логики позволяет учитывать неопределенность и неполноту информации на ранних стадиях проектирования, что особенно актуально для уникальных объектов. Для строительной отрасли Туркменистана, где часто приходится сталкиваться с отсутствием типовых решений, такой подход может быть особенно полезен.

В. К. Зольников с соавторами [8] рассматривают компьютерное моделирование работоспособности электрических схем в системах автоматизации проектирования. Хотя работа посвящена электротехническим системам, предложенные подходы могут быть адаптированы для моделирования инженерных систем зданий. Для современных строительных объектов в Туркменистане, оснащаемых сложным инженерным оборудованием, такие методы обеспечивают повышение надежности и энергоэффективности.

Ю. А. Загорулько с соавторами [1] исследуют автоматизацию разработки онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования. Хотя работа имеет общеинформационный характер, предложенные подходы могут быть использованы для создания интеллектуальных систем управления знаниями в строительной отрасли. Для Туркменистана, где накоплен значительный опыт в области строительства, систематизация этих знаний и представление их в форме онтологий может стать основой для создания отраслевых экспертных систем.

Адаптация технологий к условиям Туркменистана. Применение рассмотренных технологий в Туркменистане требует учета специфических условий страны: приоритетного развития нефтегазового сектора, реализации государственной программы цифровой экономики, уникальных архитектурных традиций и особенностей климата.

Опыт применения искусственного интеллекта в нефтегазовом строительстве, описанный в работах А. Д. Черникова [11] и А. Н. Дмитриевского [6], представляет особую ценность для Туркменистана. Учитывая ведущую роль нефтегазового комплекса в экономике страны, внедрение интеллектуальных систем прогнозирования осложнений и оптимизации бурения должно стать приоритетным направлением цифровизации. Создание центров компетенций в этой области, объединяющих специалистов профильных министерств, научных институтов и производственных компаний, позволит ускорить трансфер технологий и адаптировать международный опыт к местным условиям.

Город Аркадаг, построенный как первый «умный город» в Центральной Азии, представляет собой уникальную площадку для апробации технологий цифровых двойников и интеллектуального управления инфраструктурой. Применение BIM-технологий на этапе проектирования и строительства, создание цифровых двойников зданий и инженерных систем, внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением и безопасностью – все эти направления могут быть реализованы в Аркадаге, создавая модель для последующего тиражирования в других городах страны.

Подготовка кадров и развитие нормативной базы. Успешная цифровая трансформация строительной отрасли невозможна без подготовки квалифицированных кадров и создания адекватной нормативной базы. Как отмечают В. Н. Колчин [7] и А. Р. Газаров [5], внедрение технологий ИИ требует от специалистов новых компетенций на стыке строительства и информатики. Для Туркменистана актуальной задачей является включение в образовательные

программы архитектурно-строительных вузов курсов по BIM-технологиям, параметрическому моделированию и основам искусственного интеллекта.

Развитие нормативной базы должно включать адаптацию международных стандартов в области информационного моделирования (ISO 19650), разработку национальных классификаторов строительных элементов и требований к цифровым моделям. Важным шагом могло бы стать создание государственной платформы для обмена цифровыми моделями и данными между участниками строительного процесса, аналогичной российским системам управления жизненным циклом объектов капитального строительства.

Международное сотрудничество и трансфер технологий. Для ускорения внедрения передовых технологий Туркменистану необходимо развивать международное сотрудничество с лидирующими в этой области странами и компаниями. Как показывают исследования [2, 4, 10], ведущие производители программного обеспечения – Autodesk, Graphisoft, Trimble – предлагают не только сами программные продукты, но и программы обучения, сертификации и поддержки пользователей. Участие Туркменистана в таких программах позволит подготовить квалифицированных специалистов и получить доступ к передовым разработкам.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что интеграция технологий искусственного интеллекта, цифровых двойников и параметрической архитектуры открывает широкие перспективы для модернизации строительной отрасли Туркменистана. Мировой опыт свидетельствует о значительном потенциале этих технологий для повышения эффективности, качества и безопасности строительных работ, сокращения сроков и стоимости реализации проектов.

Основные выводы исследования. Искусственный интеллект в строительстве позволяет решать широкий спектр задач – от прогнозирования осложнений при бурении нефтегазовых скважин до оптимизации проектных решений и автоматизации строительного контроля. Для Туркменистана, где нефтегазовый сектор является основой экономики, внедрение интеллектуальных систем прогнозирования и управления рисками имеет стратегическое значение.

Цифровые двойники и BIM-технологии обеспечивают создание единой информационной среды на всех этапах жизненного цикла объектов, повышая координацию участников и прозрачность процессов. Применение этих технологий в проекте «умного города» Аркадаг может стать моделью для последующего тиражирования в других городах страны.

Параметрическая архитектура и автоматизация проектных процедур открывают возможности для создания уникальных архитектурных форм, сочетающих национальные традиции с современными конструктивными решениями. Применение программных комплексов Revit, Dynamo и других инструментов позволяет автоматизировать трудоемкие операции и сократить время проектирования.

Научная новизна представленной работы заключается в системном анализе и обобщении современных технологий ИИ, цифровых двойников и параметрической архитектуры применительно к специфике строительной отрасли Туркменистана, а также в выявлении приоритетных направлений их адаптации с учетом экономических, социальных и культурных особенностей страны.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегии цифровой трансформации строительной отрасли Туркменистана, определения приоритетных направлений внедрения интеллектуальных технологий и обоснования инвестиций в развитие соответствующей инфраструктуры и подготовку кадров.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой отраслевых цифровых платформ, интегрирующих все этапы жизненного цикла строительных объектов, созданием методик оценки экономической эффективности внедрения интеллектуальных технологий в специфических условиях Туркменистана, а также исследованием возможностей адаптации международных стандартов в области информационного моделирования и искусственного интеллекта к национальной нормативной базе. Особого внимания заслуживают междисциплинарные исследования на стыке архитектуры, строительных технологий и информатики, направленные на создание инновационных решений, учитывающих уникальные природно-климатические и культурно-исторические особенности Туркменистана.

Список литературы:

1. Автоматизация разработки онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования / Ю. А. Загорулько, Е. А. Сидорова, Г. Б. Загорулько [и др.] // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11, № 4(42). – С. 500-520. – DOI 10.18287/2223-9537-2021-11-4-500-520.
2. Алексеева, Т. Р. BIM-технологии и искусственный интеллект в инфраструктурном строительстве / Т. Р. Алексеева // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2022. – № 1(1049). – С. 52-54.
3. Беляев, А. В. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений / А. В. Беляев, С. С. Антипов // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 1. – С. 65-72.
4. Борисов, М. П. Современные автоматизированные системы REVIT и RENGA для информационного моделирования зданий / М. П. Борисов, А. А. Вавин, В. Н. Уткина // Огарёв-Online. – 2020. – № 3(140). – С. 1.
5. Газаров, А. Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства / А. Р. Газаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 136-139.
6. Дмитриевский, А. Н. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров // Научный журнал Российского газового общества. – 2020. – № 3(26). – С. 6-21.
7. Колчин, В. Н. Специфика применения технологии "искусственного интеллекта" в строительстве / В. Н. Колчин // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 250-253.

8. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34.

9. Митин, С. Г. Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 45-51.

10. Перцева, А. Е. Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD и Dynamo) / А. Е. Перцева, Н. С. Хижняк, А. Е. Радаев // Транспортные сооружения. – 2018. – Т. 5, № 4. – С. 4. – DOI 10.15862/04SATS418.

11. Применение методов искусственного интеллекта для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения / А. Д. Черников, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров [и др.] // Георесурсы. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 87-96. – DOI 10.18599/grs.2020.3.87-96.

12. Применение нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки / Д. И. Копелиович, А. Г. Подвесовский, А. Л. Сафонов [и др.] // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 3(165). – С. 20-35. – DOI 10.14489/vkit.2018.03.pp.020-035.

13. Тускаева, З. Р. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности / З. Р. Тускаева, З. В. Албегов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2(74). – С. 371-384.

УДК 69:004:681.5

Джумадурдыев Тиркеш, Сапаров Агамырат, Рахмедов Гайрат
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ И ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Аннотация: Строительная отрасль на протяжении десятилетий остается одним из наименее автоматизированных секторов экономики, что проявляется в низкой производительности труда, высокой доле ручных операций, значительных потерях времени и материалов, а также в частых нарушениях сроков и бюджета проектов. Внедрение робототехнических систем и цифровых платформ открывает принципиально новые возможности для трансформации строительного производства, однако процесс цифровизации сталкивается с рядом системных ограничений. Системный анализ современных подходов к автоматизации строительных процессов с использованием робототехники и цифровых платформ, выявление ключевых перспектив развития и объективных ограничений, препятствующих широкому внедрению интеллектуальных технологий в строительную практику. Исследование базируется на комплексном обзоре научной литературы по проблемам роботизации и цифровизации строительной отрасли. Использованы методы системного анализа, классификации и обобщения результатов отечественных и зарубежных исследований за период 2019–2023 гг. Выявлены три ключевых направления автоматизации: 1) применение строительной робототехники для выполнения технологических операций (монолитное домостроение, автоматизация производства строительных материалов, роботизированная арматурная связка, 3D-печать); 2) внедрение BIM-технологий и цифровых платформ для управления процессами проектирования, ценообразования и строительного контроля; 3) интеграция робототехнических комплексов с информационными моделями для создания киберфизических систем управления строительством. Установлено, что применение робототехники в монолитном домостроении позволяет повысить производительность на 20-30% при одновременном снижении трудоемкости и улучшении качества. BIM-технологии обеспечивают сокращение сроков проектирования на 15-25%, снижение количества ошибок на 30-40% и создание основы для автоматизированного управления ресурсами. Однако широкое внедрение сдерживается комплексом ограничений: высокими первоначальными инвестициями, недостаточной стандартизацией, дефицитом квалифицированных кадров, сложностью интеграции робототехнических систем с существующими технологическими процессами, а также социально-психологическими барьерами, связанными с трансформацией трудовых отношений.

Ключевые слова: автоматизация строительства, робототехника, цифровые платформы, BIM-технологии, строительные процессы, монолитное домостроение, цифровизация строительной отрасли, ограничения внедрения, интеллектуальное строительство.

Введение. Строительная отрасль, являясь одним из крупнейших секторов экономики, на протяжении десятилетий демонстрирует устойчивое отставание по темпам роста производительности труда по сравнению с промышленностью и сферой услуг. Исследования показывают, что за последние 50 лет производительность в строительстве увеличилась лишь на 10-15%, тогда как в обрабатывающей промышленности этот показатель вырос в несколько раз. Основные причины такого отставания связаны с высокой долей ручного труда, фрагментарностью отрасли, сложностью координации множества участников, а также с консервативным подходом к внедрению инноваций [1, 8].

В последние годы ситуация начинает меняться благодаря активному проникновению в строительную сферу технологий робототехники и цифровых платформ. Автоматизация строительных процессов рассматривается как ключевой драйвер повышения эффективности, качества и безопасности строительного производства. Роботизированные системы способны выполнять трудоемкие и опасные операции, обеспечивая стабильно высокое качество и существенно сокращая время выполнения работ [3, 5]. Цифровые платформы, включая технологии информационного моделирования зданий (BIM), создают основу для сквозного управления жизненным циклом объекта, интеграции всех участников строительства и автоматизации управленческих процессов [4, 6].

Актуальность исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, в России и в мире наблюдается устойчивый тренд на цифровизацию строительной отрасли, что подтверждается принятием государственных программ и нормативных документов [1, 8]. Во-вторых, появляются новые технологические решения – строительные роботы, 3D-принтеры для печати зданий, беспилотные летательные аппараты для мониторинга, цифровые платформы управления проектами, – которые требуют системного осмысления и адаптации к отечественным условиям [3, 5, 9]. В-третьих, процесс автоматизации сталкивается с объективными ограничениями – экономическими, техническими, организационными и социальными, – которые необходимо выявить и проанализировать для выработки эффективных стратегий внедрения [1, 7, 8].

Степень изученности проблемы характеризуется наличием значительного числа публикаций, посвященных отдельным аспектам автоматизации строительства. Исследования С.А. Евтюкова с соавторами [3] рассматривают вопросы автоматизации процессов монолитного домостроения с учетом свойств конструкционных сталей, что является важным направлением для развития строительной робототехники. А.Ю. Шабуров и Е.А. Шабанов [9] обосновывают рациональные параметры автоматизации производства строительных материалов и изделий. Вопросы внедрения BIM-технологий для автоматизации строительных процессов освещены в работах И.А. Косовцевой и И.А. Клокова [4], а также В.А. Лаборова и О.С.

Гамаюновой [6]. Проблемы цифровизации строительной отрасли в целом анализируются Л.А. Борисовой и М.Х. Абидовым [1], Л.А. Сулеймановой с соавторами [8]. Отдельное направление представляют исследования социальных аспектов цифровизации, включая анализ самопрезентации и успеха работников на цифровых платформах в строительной сфере [7]. Е.Ю. Васильева [2] рассматривает вопросы формирования единой цифровой платформы ценообразования в строительстве. О.А. Кравцова и И.Ю. Левкович [5] анализируют перспективы внедрения робототехники в строительстве. Однако, как показывают обзорные работы [1, 8], ощущается недостаток комплексных исследований, интегрирующих технические, экономические, организационные и социальные аспекты автоматизации строительных процессов.

Целью настоящей работы является системный анализ современных подходов к автоматизации строительных процессов с использованием робототехники и цифровых платформ, выявление ключевых перспектив развития и объективных ограничений, препятствующих широкому внедрению интеллектуальных технологий в строительную практику.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию современных направлений автоматизации строительных процессов с использованием робототехники и цифровых платформ.
2. Исследовать опыт внедрения роботизированных систем в монолитном домостроении и производстве строительных материалов.
3. Проанализировать возможности интеграции BIM-технологий и цифровых платформ в управление строительными процессами.
4. Выявить ключевые экономические, технические, организационные и социальные ограничения, сдерживающие широкое внедрение автоматизации в строительстве.
5. Определить перспективные направления развития и сформулировать рекомендации для практической реализации.

Робототехника в строительном производстве: современное состояние и направления развития. Применение робототехнических систем в строительстве развивается по нескольким ключевым направлениям, каждое из которых имеет свою специфику, технологическую зрелость и потенциал для масштабирования.

Монолитное домостроение и роботизированные комплексы. Одним из наиболее перспективных направлений является автоматизация процессов монолитного строительства. Исследование С.А. Евтюкова с соавторами [3] посвящено вопросам автоматизации монолитного домостроения с учетом исследования конструкционных сталей в строительной робототехнике. Авторы отмечают, что традиционные методы возведения монолитных конструкций характеризуются высокой трудоемкостью, значительной долей

ручного труда и существенным влиянием человеческого фактора на качество. Применение роботизированных комплексов для армирования, укладки бетонной смеси и ее уплотнения позволяет не только повысить производительность, но и обеспечить стабильно высокое качество работ.

В исследовании подчеркивается, что эффективность роботизированных систем во многом зависит от свойств используемых материалов, в частности конструкционных сталей. Разработка специальных марок стали с оптимальными характеристиками для роботизированной обработки является важным направлением развития строительной робототехники [3]. Авторы приводят данные о том, что применение роботизированных комплексов в монолитном домостроении позволяет повысить производительность труда на 20-30% при одновременном снижении трудоемкости и улучшении качества.

Автоматизация производства строительных материалов и изделий. А.Ю. Шабуров и Е.А. Шабанов [9] обосновывают рациональные параметры автоматизации процессов производства строительных материалов и изделий. Авторы отмечают, что автоматизация на этапе производства строительных материалов создает основу для последующей автоматизации возведения зданий и сооружений. Использование роботизированных линий для производства железобетонных изделий, автоматизированных комплексов для приготовления бетонных смесей, роботизированной упаковки и маркировки продукции позволяет существенно повысить эффективность и качество.

В работе обосновываются параметры автоматизации, включая степень автоматизации, уровень интеграции с системами управления, требования к точности и надежности оборудования [9]. Авторы подчеркивают, что выбор рациональных параметров автоматизации должен учитывать не только технические, но и экономические факторы, включая объемы производства, стоимость оборудования и окупаемость инвестиций.

Строительные роботы и роботизированные манипуляторы. О.А. Кравцова и И.Ю. Левкович [5] анализируют перспективы внедрения робототехники в строительстве, выделяя несколько типов роботизированных систем. К ним относятся: роботы для кладки кирпича и блоков, роботизированные системы для арматурной связки, роботы-штукатуры и роботы для покраски, а также роботизированные экскаваторы и бульдозеры для земляных работ. Авторы отмечают, что в мировой практике уже реализованы успешные проекты применения строительных роботов, однако широкое внедрение в России сдерживается рядом факторов.

Особое внимание в работе уделяется роботизированным системам для выполнения опасных и трудоемких операций, таких как работы на высоте, в стесненных условиях, при воздействии вредных факторов [5]. Применение робототехники в таких условиях не только повышает производительность, но и снижает риск травматизма и профессиональных заболеваний.

Цифровые платформы и BIM-технологии в автоматизации строительства. Интеграция цифровых платформ и технологий информационного моделирования зданий (BIM) является ключевым фактором, определяющим эффективность автоматизации строительных процессов.

BIM как основа автоматизации. И.А. Косовцева и И.А. Клоков [4] анализируют возможности автоматизации строительных процессов путем внедрения BIM-технологий. Авторы подчеркивают, что BIM представляет собой не просто трехмерную модель, а интегрированную информационную среду, объединяющую данные о геометрии, материалах, сроках, стоимости и других характеристиках объекта на всех этапах его жизненного цикла. BIM-модель становится единым источником достоверной информации для всех участников строительства, что позволяет автоматизировать процессы координации, контроля и управления.

В работе приводятся данные о том, что применение BIM-технологий позволяет сократить сроки проектирования на 15-25%, снизить количество ошибок на 30-40%, уменьшить затраты на внесение изменений на 20-30% [4]. Важным преимуществом BIM является возможность автоматизированного формирования рабочей документации, спецификаций, смет и других выходных документов, что существенно снижает трудоемкость и повышает точность.

Интеграция BIM и робототехники. В.А. Лаборов и О.С. Гамаюнова [6] исследуют возможности интеграции робототехники и BIM-технологий в строительстве. Авторы отмечают, что наиболее перспективным направлением является создание киберфизических систем, в которых BIM-модель выступает в роли цифрового двойника строящегося объекта, а роботизированные комплексы получают данные непосредственно из модели для выполнения технологических операций.

В работе рассматриваются примеры такой интеграции: роботизированные экскаваторы, управляемые на основе данных из BIM-модели; автоматизированная укладка арматуры по данным, извлеченным из цифровой модели; роботизированная 3D-печать зданий на основе BIM-проекта [6]. Интеграция позволяет не только автоматизировать выполнение операций, но и обеспечивать непрерывный контроль соответствия фактически выполненных работ проектным решениям.

Цифровые платформы управления строительством. Е.Ю. Васильева [2] рассматривает вопросы формирования единой цифровой платформы системы ценообразования в строительстве. Автор подчеркивает, что создание единой цифровой среды для формирования и согласования сметной документации является важным условием автоматизации управления стоимостью строительных проектов. Цифровая платформа позволяет унифицировать подходы к ценообразованию, обеспечить прозрачность расчетов и автоматизировать процессы согласования.

В работе отмечается, что внедрение цифровых платформ ценообразования требует разработки единых классификаторов, нормативов и методов расчета, а также создания системы верификации и актуализации данных [2]. Это, в свою очередь, предполагает активное взаимодействие государства, профессиональных сообществ и участников строительного рынка.

IT-структурирование управления строительными процессами. Л.А. Сулейманова с соавторами [8] рассматривают цифровизацию строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами. Авторы предлагают концепцию, в которой управление строительным объектом рассматривается как иерархическая система уровней: стратегический, тактический и операционный. Цифровые платформы и BIM-технологии обеспечивают сквозную интеграцию данных между уровнями, автоматизируя процессы планирования, контроля и корректировки.

В работе подчеркивается, что эффективная цифровизация требует не просто внедрения отдельных программных продуктов, а создания целостной архитектуры, обеспечивающей взаимодействие всех компонентов информационной системы [8]. Это предполагает разработку стандартов обмена данными, создание единого информационного пространства и формирование компетенций у всех участников строительного процесса.

Экономические, технические и организационные ограничения автоматизации. Несмотря на очевидные преимущества, процесс автоматизации строительных процессов сталкивается с комплексом ограничений, требующих системного подхода к их преодолению.

Экономические ограничения. Л.А. Борисова и М.Х. Абидов [1] анализируют проблемы цифровизации строительной отрасли, выделяя в качестве ключевых экономические ограничения. Высокая стоимость внедрения роботизированных комплексов и цифровых платформ является серьезным препятствием, особенно для малых и средних строительных компаний. Инвестиции в автоматизацию требуют значительных первоначальных затрат, а срок окупаемости может составлять от 3 до 7 лет в зависимости от масштаба проекта и специфики применяемых решений.

Авторы отмечают, что экономическая эффективность автоматизации не всегда очевидна для заказчиков и инвесторов, что сдерживает принятие решений о внедрении [1]. Необходима разработка методик оценки экономической эффективности, учитывающих не только прямые затраты и экономию, но и косвенные эффекты, такие как повышение качества, сокращение сроков, снижение рисков.

Технические и технологические ограничения. Исследования [3, 5, 9] выявляют ряд технических проблем, препятствующих широкому внедрению робототехники в строительстве. К ним относятся: недостаточная надежность роботизированных систем в сложных условиях строительной площадки; ограниченная гибкость и адаптивность к изменяющимся условиям; сложность

интеграции с существующими технологическими процессами; недостаточная стандартизация интерфейсов и протоколов обмена данными.

Особую проблему представляет совместимость робототехнических систем с BIM-моделями и цифровыми платформами. Отсутствие единых стандартов обмена данными затрудняет создание интегрированных киберфизических систем [6, 8]. Разработка таких стандартов является необходимым условием для масштабирования автоматизации.

Организационные и кадровые ограничения. Дефицит квалифицированных кадров, способных разрабатывать, внедрять и обслуживать роботизированные и цифровые системы, является серьезным барьером. Традиционная система подготовки кадров для строительной отрасли не обеспечивает в достаточной мере формирование компетенций в области автоматизации и цифровизации [1, 8].

Кроме того, внедрение автоматизации требует перестройки сложившихся бизнес-процессов и организационных структур. Сопротивление изменениям со стороны персонала и менеджмента, отсутствие понимания преимуществ автоматизации, недостаточная готовность к инвестициям в развитие компетенций также сдерживают процессы цифровой трансформации [1, 8].

Социальные аспекты автоматизации. Д.О. Стребков [7] анализирует социальные аспекты цифровизации строительной отрасли, рассматривая самопрезентацию и успех на цифровых платформах на примере рабочих, занимающихся строительством и ремонтом. Исследование показывает, что цифровые платформы трансформируют трудовые отношения, создавая новые формы занятости и требуя от работников развития новых компетенций.

Автор отмечает, что успех на цифровых платформах зависит не только от профессиональных навыков, но и от способности эффективно представлять свои услуги, формировать репутацию и взаимодействовать с заказчиками в цифровой среде [7]. Это требует от работников развития коммуникативных и цифровых компетенций, что не всегда учитывается в системах профессиональной подготовки.

Перспективы развития и рекомендации. Анализ литературы позволяет выделить несколько перспективных направлений развития автоматизации строительных процессов.

Развитие автономных строительных систем. Дальнейшее развитие робототехники идет по пути создания полностью автономных систем, способных выполнять технологические операции без участия человека. Такие системы должны обладать развитым техническим зрением, способностью адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения в нестандартных ситуациях [3, 5].

Интеграция BIM и робототехники. Создание киберфизических систем, в которых BIM-модель выступает в роли цифрового двойника, а роботизированные комплексы получают данные непосредственно из модели,

является наиболее перспективным направлением [6]. Такая интеграция позволяет не только автоматизировать выполнение операций, но и обеспечивать непрерывный контроль и оптимизацию.

Развитие аддитивных технологий. 3D-печать зданий и сооружений открывает принципиально новые возможности для автоматизации строительства. Применение роботизированных 3D-принтеров позволяет возводить объекты сложной геометрии с минимальными затратами материалов и труда [5].

Формирование единой цифровой экосистемы. Создание интегрированной цифровой платформы, объединяющей BIM, робототехнику, системы управления проектами, ценообразования и контроля качества, является стратегической целью цифровой трансформации строительной отрасли [2, 8]. Такая экосистема должна обеспечивать сквозную автоматизацию всех этапов жизненного цикла объекта.

Подготовка кадров. Развитие системы профессионального образования и повышения квалификации, направленной на формирование компетенций в области автоматизации и цифровизации, является необходимым условием успешной трансформации отрасли [1, 8]. Необходимо интегрировать в образовательные программы модули по робототехнике, BIM-технологиям, цифровым платформам.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что автоматизация строительных процессов с использованием робототехники и цифровых платформ является объективной необходимостью для повышения эффективности, качества и безопасности строительного производства. Применение роботизированных комплексов в монолитном домостроении и производстве строительных материалов позволяет повысить производительность на 20-30% и снизить трудоемкость. Внедрение BIM-технологий обеспечивает сокращение сроков проектирования на 15-25% и снижение количества ошибок на 30-40%. Наибольший эффект достигается при комплексной интеграции робототехнических систем и BIM-технологий в единую цифровую экосистему управления строительным объектом.

Однако процесс автоматизации сталкивается с комплексом ограничений: высокими первоначальными инвестициями, недостаточной стандартизацией, дефицитом квалифицированных кадров, сложностью интеграции робототехнических систем с существующими технологическими процессами, а также социально-психологическими барьерами. Преодоление этих ограничений требует системного подхода, включающего разработку стандартов интероперабельности, создание методик оценки экономической эффективности, подготовку кадров и формирование благоприятной нормативно-правовой среды.

Научная новизна представленной работы заключается в системной классификации направлений автоматизации строительных процессов, а также в комплексном анализе экономических, технических, организационных и

социальных ограничений, препятствующих широкому внедрению интеллектуальных технологий.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации строительных компаний, выбора приоритетных направлений внедрения робототехники и цифровых платформ, а также для обоснования инвестиций в автоматизацию.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой стандартов интероперабельности для обеспечения совместимости различных робототехнических систем и цифровых платформ, созданием методик оценки экономической эффективности автоматизации с учетом полного жизненного цикла объектов, исследованием социально-психологических аспектов внедрения робототехники в строительстве, а также развитием системы подготовки кадров для работы в условиях цифрового строительства.

Список литературы:

1. Автоматизация разработки онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования / Ю. А. Загорулько, Е. А. Сидорова, Г. Б. Загорулько [и др.] // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11, № 4(42). – С. 500-520. – DOI 10.18287/2223-9537-2021-11-4-500-520.
2. Алексеева, Т. Р. BIM-технологии и искусственный интеллект в инфраструктурном строительстве / Т. Р. Алексеева // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2022. – № 1(1049). – С. 52-54.
3. Беляев, А. В. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений / А. В. Беляев, С. С. Антипов // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 1. – С. 65-72.
4. Борисов, М. П. Современные автоматизированные системы REVIT и RENGA для информационного моделирования зданий / М. П. Борисов, А. А. Вавин, В. Н. Уткина // Огарёв-Online. – 2020. – № 3(140). – С. 1.
5. Газаров, А. Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства / А. Р. Газаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 136-139.
6. Дмитриевский, А. Н. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений / А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров // Научный журнал Российского газового общества. – 2020. – № 3(26). – С. 6-21.
7. Колчин, В. Н. Специфика применения технологии "искусственного интеллекта" в строительстве / В. Н. Колчин // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 250-253.
8. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34.
9. Митин, С. Г. Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 45-51.
10. Перцева, А. Е. Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit,

Autodesk AutoCAD и Dynamo) / А. Е. Перцева, Н. С. Хижняк, А. Е. Радаев // Транспортные сооружения. – 2018. – Т. 5, № 4. – С. 4. – DOI 10.15862/04SATS418.

11. Применение методов искусственного интеллекта для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения / А. Д. Черников, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров [и др.] // Георесурсы. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 87-96. – DOI 10.18599/grs.2020.3.87-96.

12. Применение нечетких когнитивных моделей в автоматизации проектирования технологической оснастки / Д. И. Копелиович, А. Г. Подвесовский, А. Л. Сафонов [и др.] // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 3(165). – С. 20-35. – DOI 10.14489/vkit.2018.03.pp.020-035.

13. Тускаева, З. Р. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности / З. Р. Тускаева, З. В. Албегов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2(74). – С. 371-384.

УДК 69:004.056

Тылланурoв Ыслamберди, Аннагелдиев Бегенч, Акмухаммедов Ахмет
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РИСКИ, УГРОЗЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: Цифровая трансформация строительной отрасли, сопровождающаяся внедрением технологий информационного моделирования (BIM), интернета вещей (IoT), цифровых двойников и автоматизированных систем управления, создает новые возможности для повышения эффективности и безопасности строительного производства. Однако цифровизация порождает и новые уязвимости, делая информационные системы строительных объектов потенциальными мишенями для кибератак. Актуальность исследования обусловлена необходимостью системного осмысления рисков и угроз кибербезопасности, возникающих при цифровизации строительства, и разработки методов защиты информационных систем. Цель исследования – анализ современных рисков и угроз кибербезопасности в цифровом строительстве, выявление уязвимостей информационных систем и систематизация методов их защиты. Исследование базируется на комплексном обзоре научно-технической литературы по проблемам цифровизации строительства и кибербезопасности, включая анализ публикаций в российских рецензируемых изданиях за период 2018–2025 гг. Использованы методы системного анализа, классификации рисков и обобщения передового опыта. Выявлены ключевые источники киберрисков в цифровом строительстве: уязвимости BIM-платформ и облачных хранилищ данных, незащищенность IoT-устройств и датчиков на строительных площадках, риски, связанные с человеческим фактором, а также угрозы целостности данных при интеграции разнородных информационных систем. Установлено, что применение технологий информационного моделирования позволяет не только повысить эффективность строительства, но и создать дополнительные возможности для контроля безопасности и снижения рисков. Систематизированы методы защиты информационных систем в строительстве: криптографическая защита данных, управление доступом на основе ролей, мониторинг информационной безопасности, резервное копирование и разработка политик информационной безопасности.

Ключевые слова: кибербезопасность, цифровое строительство, информационные системы, BIM, информационное моделирование, киберриски, уязвимости, защита информации, интернет вещей, цифровые двойники.

Введение. Цифровая трансформация строительной отрасли, активно развивающаяся в последнее десятилетие, привела к кардинальному изменению подходов к проектированию, возведению и эксплуатации объектов. Внедрение технологий информационного моделирования (BIM – Building Information Modeling), интернета вещей (IoT), цифровых двойников, автоматизированных систем управления и облачных платформ создало основу для повышения эффективности строительного производства, снижения затрат,

сокращения сроков и улучшения качества работ [7, 9]. Как отмечает В. И. Травуш, цифровые технологии становятся ключевым фактором развития строительной отрасли, обеспечивая интеграцию всех участников инвестиционно-строительного цикла в единое информационное пространство [7].

Однако цифровизация строительства имеет и обратную сторону – она порождает новые уязвимости и риски, связанные с информационной безопасностью. Информационные системы, управляющие строительными процессами, хранящие проектные данные и обеспечивающие взаимодействие участников, становятся потенциальными мишенями для кибератак. Как подчеркивают Н. Р. Шевко и В. С. Коростиева, вопросы кибербезопасности в строительстве до недавнего времени оставались на периферии научных исследований, однако с ростом цифровизации отрасли они приобретают критическую значимость [10]. Авторы отмечают, что уязвимости информационных систем могут привести не только к утечке конфиденциальных данных, но и к нарушению технологических процессов, что в условиях строительства может иметь катастрофические последствия [10].

Актуальность исследования обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, стремительное распространение BIM-технологий в российской строительной отрасли, поддержанное на государственном уровне, создает предпосылки для концентрации больших объемов критически важной информации в цифровом виде. Проектная документация, сметные расчеты, данные о ходе строительства, результаты мониторинга – все это хранится и обрабатывается в информационных системах, защита которых требует специальных мер [2, 6].

Во-вторых, активно развивающиеся технологии интернета вещей и промышленного интернета вещей (IIoT) приводят к появлению на строительных площадках большого количества подключенных устройств – датчиков, камер, беспилотных летательных аппаратов, систем мониторинга оборудования. Каждое такое устройство является потенциальной точкой входа для злоумышленников, что существенно расширяет поверхность атак [5, 9].

В-третьих, интеграция различных информационных систем в рамках единой цифровой экосистемы строительного объекта создает сложные взаимосвязи, уязвимости в которых могут быть использованы для компрометации всей системы. Как отмечает Е. Ю. Куликова, управление безопасностью в строительстве представляет собой сложный информационный процесс, требующий системного подхода к выявлению и оценке рисков [5]. Автор подчеркивает, что в подземном строительстве, где цена ошибки особенно высока, информационная безопасность становится критическим фактором, определяющим безопасность всего объекта [5].

В-четвертых, человеческий фактор остается одним из наиболее значимых источников рисков. Недостаточная цифровая грамотность персонала, нарушение правил работы с информационными системами, использование слабых паролей и несанкционированных устройств создают дополнительные уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками [2, 10].

В-пятых, нормативно-правовая база в области кибербезопасности строительства находится в стадии формирования. Отсутствие отраслевых стандартов, требований к защите информации и методик оценки уязвимостей затрудняет разработку и внедрение эффективных мер защиты [10].

Степень изученности проблемы характеризуется наличием исследований, посвященных отдельным аспектам цифровизации строительства и информационной безопасности. Работы В. И. Травуша [7], С. С. Корабельниковой и С. К. Корабельниковой [3] анализируют потенциал цифровых технологий для повышения эффективности и снижения рисков в строительстве. Исследования А. С. Глуханова и Д. А. Молочниковой [1], А. Е. Мамаева [6] посвящены применению информационного моделирования для повышения безопасности строительных объектов. Работы Д. В. Гулякина с соавторами [2] и И. А. Кузнецова с М. О. Бакановым [4] рассматривают управление цифровыми технологиями и повышение безопасности проектов на основе VDC (Virtual Design and Construction). Проблемы управления безопасностью как информационным процессом освещены в исследовании Е. Ю. Куликовой [5]. Однако работ, непосредственно посвященных системному анализу кибербезопасности цифрового строительства, включая выявление рисков, угроз и методов защиты информационных систем, недостаточно. Отсутствуют исследования, интегрирующие технические, организационные и нормативные аспекты защиты информации в строительстве.

Целью настоящей работы является анализ современных рисков и угроз кибербезопасности в цифровом строительстве, выявление уязвимостей информационных систем и систематизация методов их защиты.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ источников киберрисков в цифровом строительстве, связанных с применением BIM-технологий, IoT-устройств и интеграцией информационных систем.
2. Выявить основные типы угроз информационной безопасности, характерные для строительной отрасли.
3. Систематизировать методы и средства защиты информационных систем в строительстве.
4. Определить перспективные направления развития кибербезопасности в цифровом строительстве.

Источники киберрисков в цифровом строительстве. Цифровая трансформация строительной отрасли, несмотря на очевидные преимущества,

създава новые уязвимости, которые становятся источниками киберрисков. Анализ литературы позволяет выделить несколько ключевых источников таких рисков.

Информационное моделирование зданий (BIM) является ядром цифрового строительства, обеспечивая создание, хранение и обмен проектной и эксплуатационной информацией на всех этапах жизненного цикла объекта. Как отмечают А. С. Глуханов и Д. А. Молочникова, применение BIM позволяет существенно повысить безопасность строительства за счет выявления коллизий на ранних стадиях и оптимизации проектных решений [1]. Однако концентрация всей проектной информации в единой цифровой среде создает и риски. BIM-платформы, особенно облачные, становятся привлекательной целью для злоумышленников, стремящихся получить доступ к конфиденциальным данным, изменить проектную документацию или нарушить работу системы [10].

Современные BIM-решения все чаще развертываются в облачных инфраструктурах, что обеспечивает доступность данных для всех участников проекта, но одновременно выводит управление информационной безопасностью за пределы контроля строительной организации. Как подчеркивают Н. Р. Шевко и В. С. Коростиева, недостаточная защищенность облачных хранилищ, использование слабых механизмов аутентификации и отсутствие шифрования данных при передаче создают серьезные уязвимости, которые могут быть использованы для несанкционированного доступа [10].

Современные строительные площадки оснащаются множеством подключенных устройств: датчиками контроля параметров среды, системами видеонаблюдения, беспилотными летательными аппаратами для мониторинга хода работ, системами контроля доступа и управления техникой. Как показывают исследования в области строительства нефтяных и газовых скважин, применение автоматизированных систем предотвращения осложнений и аварийных ситуаций требует развертывания разветвленных сетей датчиков и исполнительных устройств [9].

Каждое такое устройство является потенциальной точкой входа для злоумышленников. Многие IoT-устройства имеют ограниченные вычислительные ресурсы, что затрудняет реализацию на них полноценных средств защиты. Отсутствие регулярных обновлений прошивок, использование стандартных паролей, незащищенные каналы связи – все это делает IoT-устройства уязвимыми для атак. Компрометация одного датчика может привести к нарушению работы всей системы мониторинга, а в худшем случае – к формированию ложных данных, которые могут стать причиной принятия неверных управленческих решений.

Как отмечают Д. В. Гулякин с соавторами, управление цифровыми и мультимедийными технологиями в строительстве требует от персонала не только профессиональных компетенций, но и развитой цифровой грамотности [2]. Человеческий фактор остается одним из наиболее значимых источников

киберрисков. Недостаточная осведомленность сотрудников о правилах информационной безопасности, использование простых паролей, нарушение правил работы с конфиденциальной информацией, открытие подозрительных ссылок и вложений – все это создает возможности для реализации атак социальной инженерии.

Особую опасность представляет использование личных устройств для работы с корпоративными информационными системами. Как подчеркивают исследователи, отсутствие четкой политики использования мобильных устройств, неконтролируемое подключение внешних носителей информации и использование незащищенных каналов связи существенно повышают риски утечки данных [2, 10].

Современное цифровое строительство характеризуется интеграцией разнородных информационных систем: BIM-платформ, систем управления проектами, ERP-систем, систем мониторинга и контроля. Как отмечает Е. Ю. Куликова, управление безопасностью в строительстве представляет собой сложный информационный процесс, требующий согласованного взаимодействия всех участников [5]. Интеграция систем создает дополнительные точки уязвимости – интерфейсы обмена данными, которые могут стать каналом для распространения вредоносного программного обеспечения или несанкционированного доступа.

Особую значимость проблема целостности данных приобретает при строительстве объектов критической инфраструктуры. Искажение проектных данных, подмена результатов мониторинга, нарушение синхронизации между различными информационными системами могут привести к принятию неверных решений и, как следствие, к авариям и катастрофам [5, 9].

Уязвимости систем управления технологическими процессами. В строительстве, особенно при возведении сложных промышленных объектов, широко применяются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Как показывают исследования в области строительства скважин, создание высокопроизводительных автоматизированных систем предотвращения осложнений и аварийных ситуаций требует интеграции АСУ ТП с информационными системами более высокого уровня [9]. Такая интеграция, обеспечивая повышение эффективности управления, одновременно создает риски распространения киберугроз из корпоративной сети в технологическую.

Особенностью АСУ ТП является их ориентация на обеспечение непрерывности технологического процесса, что часто вступает в противоречие с требованиями информационной безопасности. Установка обновлений, внедрение средств защиты, изменение конфигурации могут требовать остановки технологического процесса, что делает эти системы особенно уязвимыми для атак.

Типы угроз информационной безопасности в строительстве. Анализ источников киберрисков позволяет выделить основные типы угроз, характерные для цифрового строительства.

Проектная документация, сметные расчеты, коммерческие предложения, контракты и другая информация, содержащаяся в BIM-моделях и сопутствующих информационных системах, представляет значительную коммерческую ценность. Ее утечка может нанести существенный ущерб строительной организации, включая потерю конкурентных преимуществ, нарушение конфиденциальности коммерческой информации и репутационные потери [10].

Модификация проектных данных, подмена результатов мониторинга, искажение отчетности могут иметь катастрофические последствия для безопасности строительного объекта. Как подчеркивает Е. Ю. Куликова, управление безопасностью в подземном строительстве базируется на достоверной информации о состоянии массива пород, параметрах возводимых конструкций и технологических процессах [5]. Нарушение целостности этих данных может привести к принятию неверных решений и, как следствие, к авариям.

Нарушение доступности информационных систем может парализовать работу строительной площадки, остановить процессы проектирования и управления. Для объектов с непрерывным технологическим циклом, таких как строительство нефтяных и газовых скважин, потеря управления может иметь тяжелые последствия [9].

Заражение информационных систем строительной организации вирусами, программами-вымогателями и другими типами вредоносного ПО может привести к потере данных, нарушению работы систем управления и значительным финансовым потерям. Особую опасность представляют программы-вымогатели, шифрующие данные и требующие выкуп за их восстановление.

Мошеннические действия, направленные на получение доступа к информационным системам через манипулирование персоналом, являются одной из наиболее распространенных угроз. Фишинговые письма, поддельные сайты, звонки от имени технической поддержки – все эти методы активно используются злоумышленниками для получения учетных данных сотрудников.

Методы и средства защиты информационных систем в строительстве. Системный подход к обеспечению кибербезопасности в цифровом строительстве требует применения комплекса организационных, технических и нормативных мер.

Основой защиты информационных систем является разработка и внедрение политики информационной безопасности, регламентирующей правила работы с информацией, порядок доступа к системам, ответственность сотрудников и процедуры реагирования на инциденты. Как отмечают

исследователи, важнейшим элементом организационной защиты является обучение персонала основам кибербезопасности и регулярное проведение тренингов по выявлению атак социальной инженерии [2, 10].

Применение механизмов управления доступом на основе ролей (RBAC) позволяет ограничить права пользователей в соответствии с их должностными обязанностями. В BIM-системах это особенно важно, так как различные участники проекта (проектировщики, строители, заказчики, эксперты) должны иметь доступ только к той информации, которая необходима им для выполнения своих функций [1, 6].

Шифрование данных при передаче по сетям связи и при хранении в облачных хранилищах является обязательным условием обеспечения конфиденциальности. Особое внимание должно уделяться защите каналов удаленного доступа к BIM-платформам и системам управления [10].

Постоянный мониторинг состояния защищенности информационных систем, регистрация событий безопасности, анализ журналов событий позволяют своевременно выявлять признаки атак и принимать меры по их предотвращению. Внедрение систем обнаружения вторжений (IDS) и систем предотвращения вторжений (IPS) является важным элементом защиты [5].

Регулярное создание резервных копий критически важных данных и разработка процедур восстановления после аварийных ситуаций позволяют минимизировать последствия атак программ-вымогателей и других инцидентов.

Защита подключенных устройств на строительной площадке требует применения специализированных решений: сегментация сети, изоляция IoT-устройств в отдельные виртуальные сети, регулярное обновление прошивок, использование сильных механизмов аутентификации [9].

Перспективные направления развития кибербезопасности в строительстве. Анализ современных тенденций позволяет выделить перспективные направления развития кибербезопасности в цифровом строительстве.

Как отмечают Н. Р. Шевко и В. С. Коростиева, отсутствие отраслевых стандартов кибербезопасности является серьезным препятствием для внедрения эффективных мер защиты [10]. Разработка требований к защите информационных систем в строительстве, методик оценки уязвимостей BIM-платформ и рекомендаций по обеспечению безопасности IoT-устройств является насущной необходимостью.

Обеспечение кибербезопасности должно стать неотъемлемым элементом управления информацией на всех этапах жизненного цикла объекта. Это требует разработки подходов к учету требований безопасности на этапах проектирования, строительства и эксплуатации, а также создания механизмов контроля соблюдения этих требований.

Дефицит специалистов, обладающих одновременно компетенциями в области строительства и информационной безопасности, является серьезным

ограничением. Разработка образовательных программ, направленных на подготовку таких специалистов, а также повышение квалификации действующих кадров должны стать приоритетными направлениями [2].

Использование методов машинного обучения для обнаружения аномалий в работе информационных систем, прогнозирования атак и автоматического реагирования на инциденты открывает новые возможности для повышения уровня защищенности.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что цифровая трансформация строительной отрасли, приносящая значительные преимущества в виде повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества работ, одновременно создает новые вызовы в области кибербезопасности. Информационные системы, управляющие строительными процессами, становятся объектами потенциальных кибератак, последствия которых могут выходить далеко за рамки утечки данных, вплоть до нарушения технологических процессов и угрозы безопасности строительных объектов.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Ключевыми источниками киберрисков в цифровом строительстве являются уязвимости BIM-платформ и облачных хранилищ данных, незащищенность IoT-устройств на строительных площадках, человеческий фактор, угрозы целостности данных при интеграции информационных систем, а также уязвимости систем управления технологическими процессами.

Основные типы угроз информационной безопасности в строительстве включают несанкционированный доступ и утечку данных, нарушение целостности информации, отказ в обслуживании, распространение вредоносного программного обеспечения и атаки социальной инженерии. Каждый из этих типов угроз требует применения специфических методов защиты.

Система защиты информационных систем в строительстве должна включать организационные меры (политика информационной безопасности, обучение персонала), технические средства (управление доступом, криптографическая защита, мониторинг, резервное копирование) и специализированные решения для защиты IoT-устройств и систем управления.

Научная новизна представленной работы заключается в системном анализе источников киберрисков и типов угроз, характерных для цифрового строительства, а также в систематизации методов защиты информационных систем с учетом специфики отрасли.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки политики информационной безопасности строительных организаций, выбора приоритетных направлений защиты и обоснования инвестиций в обеспечение кибербезопасности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой отраслевых стандартов кибербезопасности, созданием методик оценки уязвимостей BIM-платформ, исследованием применения технологий искусственного интеллекта для защиты информационных систем в строительстве, а также разработкой образовательных программ подготовки специалистов в области кибербезопасности строительного профиля. Особого внимания заслуживают исследования, направленные на изучение экономической эффективности внедрения мер кибербезопасности и разработку методов оценки рисков с учетом специфики различных типов строительных объектов.

Список литературы:

1. Глуханов, А. С. Применение информационного моделирования при проектировании и строительстве промышленных зданий с целью повышения их безопасности / А. С. Глуханов, Д. А. Молочникова // Безопасность в строительстве : Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 28–29 сентября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 102-112.

2. Гулякин, Д. В. Управление цифровыми и мультимедийными технологиями в строительстве / Д. В. Гулякин, Н. А. Шипилова, Г. В. Михеев [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 12(149). – С. 367-370. – DOI 10.34925/EIP.2022.149.12.071.

3. Корабельникова, С. С. Цифровые технологии как элемент снижения рисков в строительстве / С. С. Корабельникова, С. К. Корабельникова // Дискуссия. – 2019. – № 2(93). – С. 18-27. – DOI 10.24411/2077-7639-2018-10002.

4. Кузнецов, И. А. Применение цифровых технологий VDC в строительстве: повышение условий безопасности эффективности проектов / И. А. Кузнецов, М. О. Баканов // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 25–26 октября 2023 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 202-207.

5. Куликова, Е. Ю. Управление безопасностью и риском в подземном строительстве как сложный информационный процесс / Е. Ю. Куликова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 2-1. – С. 134-143. – DOI 10.25018/0236-1493-2021-21-0-134-143.

6. Мамаев, А. Е. Оценка экономической эффективности использования информационного моделирования для контроля уровня безопасности в строительстве / А. Е. Мамаев // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2020. – Т. 10, № 3-1. – С. 48-56. – DOI 10.34670/AR.2020.94.4.006.

7. Травуш, В. И. Цифровые технологии в строительстве / В. И. Травуш // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3. – С. 107-117. – DOI 10.22337/2077-9038-2018-3-107-117.

8. Управление цифровыми и мультимедийными технологиями в строительстве / Д. В. Гулякин, Н. А. Шипилова, Г. В. Михеев [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 12(149). – С. 367-370. – DOI 10.34925/EIP.2022.149.12.071.

9. Цифровые технологии строительства скважин. Создание высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и

аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин / Н. А. Еремин, А. Д. Черников, О. Н. Сарданашвили [и др.] // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2020. – № 4(100). – С. 38-50.

10. Шевко, Н. Р. Кибербезопасность в строительстве / Н. Р. Шевко, В. С. Коростиева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 2(36). – С. 172-175.

УДК 69:004:502/504

Тылланурoв Ысламберди, Мередова Джахансолтан, Баймухаммедов Дурдымухаммет
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СНИЖЕНИИ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

Аннотация: Строительная отрасль является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов, на ее долю приходится около 40% мировых выбросов CO_2. В условиях глобального изменения климата и перехода к низкоуглеродной экономике проблема снижения углеродного следа строительства приобретает критическую значимость. Цифровая трансформация строительной отрасли открывает новые возможности для решения экологических задач, однако вопросы системной интеграции цифровых технологий в практику экологически устойчивого строительства остаются недостаточно изученными. Цель исследования – анализ роли цифровых технологий в обеспечении экологической устойчивости строительства и снижении углеродного следа объектов капитального строительства, выявление ключевых направлений и оценка потенциала их применения. Исследование базируется на комплексном обзоре научной литературы по проблемам цифровизации строительства и экологической устойчивости, включая анализ публикаций в российских и международных изданиях за период 2005–2025 гг. Использованы методы системного анализа, классификации, сравнительного анализа и обобщения практического опыта. Выявлены и систематизированы пять ключевых направлений применения цифровых технологий для снижения углеродного следа в строительстве: 1) информационное моделирование зданий (BIM) и оценка жизненного цикла (LCA) для количественной оценки выбросов на всех этапах; 2) цифровые двойники (digital twins) для оптимизации энергопотребления и ресурсоэффективности в реальном времени; 3) искусственный интеллект и машинное обучение для прогнозирования выбросов и оптимизации проектных решений; 4) интернет вещей (IoT) для мониторинга экологических показателей в процессе эксплуатации; 5) технологии экономики замкнутого цикла (circular economy) для рециклинга материалов и сокращения отходов. Установлено, что интеграция BIM с LCA позволяет сократить выбросы на этапе проектирования на 15-25%, применение цифровых двойников в эксплуатации обеспечивает снижение энергопотребления на 20-30%, использование инновационных материалов с низким углеродным следом в сочетании с цифровым моделированием может снизить общий углеродный след зданий на 30-50%. Системы экологической сертификации (LEED, BREEAM, GREEN ZOOM) все активнее интегрируют требования к применению цифровых технологий как инструментов подтверждения экологической эффективности.

Ключевые слова: экологическая устойчивость строительства, углеродный след, цифровизация строительства, информационное моделирование зданий (BIM), цифровые двойники, искусственный интеллект, интернет вещей (IoT), низкоуглеродное строительство, оценка жизненного цикла (LCA), экономика замкнутого цикла.

Введение. Строительная отрасль является одним из крупнейших антропогенных источников воздействия на окружающую среду. По данным Международного энергетического агентства, на долю строительства и эксплуатации зданий приходится около 40% мировых выбросов парниковых газов, 36% потребления энергии и 50% потребления природных ресурсов. В условиях глобального изменения климата, необходимости выполнения обязательств Парижского соглашения и перехода к низкоуглеродной экономике проблема снижения углеродного следа строительства приобретает критическую значимость [5, 7]. Одновременно с этим строительная отрасль переживает глубокую цифровую трансформацию, которая открывает принципиально новые возможности для решения экологических задач. Цифровые технологии – информационное моделирование зданий (BIM), цифровые двойники, искусственный интеллект, интернет вещей – позволяют не только повышать эффективность строительного производства, но и обеспечивать точный учет, контроль и оптимизацию экологических показателей на всех этапах жизненного цикла объектов [6, 10].

Актуальность исследования обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, ужесточение экологических требований к строительной отрасли как на международном уровне (Парижское соглашение, таксономия ЕС), так и на национальном уровне (федеральные проекты «Чистый воздух», «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», стратегии низкоуглеродного развития) создает объективную потребность в технологических решениях, позволяющих количественно оценивать и снижать воздействие на окружающую среду [5, 9]. Во-вторых, стремительное развитие цифровых технологий достигло уровня зрелости, позволяющего их практическое применение для решения комплексных экологических задач, ранее недоступных традиционным методам. Цифровые двойники, создаваемые с использованием искусственного интеллекта, обеспечивают непрерывный мониторинг и оптимизацию энергопотребления в реальном времени [6, 10]. BIM-модели, интегрированные с инструментами оценки жизненного цикла (LCA), позволяют прогнозировать и минимизировать выбросы уже на этапе проектирования [7].

В-третьих, нарастает понимание того, что экологическая устойчивость и цифровизация не являются изолированными трендами, а образуют взаимно усиливающий синергетический эффект. Цифровые технологии создают основу для реализации концепции экономики замкнутого цикла в строительстве, обеспечивая прослеживаемость материалов, оптимизацию рециклинга и сокращение отходов [5]. В-четвертых, системы экологической сертификации зданий (LEED, BREEAM, GREEN ZOOM) все активнее интегрируют требования к применению цифровых технологий как инструментов подтверждения экологической эффективности [4, 8].

Степень изученности проблемы характеризуется значительным объемом исследований, однако сохраняется определенная фрагментарность

знаний и недостаток системных, обобщающих работ. Фундаментальные основы устойчивого развития строительного комплекса заложены в работах Ш. Д. Арсланова с соавторами [1], где рассматриваются макроэкономические условия стабилизации отрасли. Проблемы экологической устойчивости строительства и оценки воздействия на природные системы анализируются в исследованиях Р. Ф. Воронцовой [3] и С. А. Виноградовой [2], фиксирующих эволюцию подходов к экологической ответственности строительного сектора.

Вопросы применения цифровых технологий для повышения экологической эффективности строительства рассматриваются в работах К. М. Крюкова и А. В. Шаповалова [6], исследующих использование технологии цифровых двойников, а также В. А. Шананина и К. Ю. Лосева [10], анализирующих создание цифровых двойников с применением искусственного интеллекта. Проблемы снижения углеродного следа за счет применения инновационных материалов исследуют Е. Э. Смирнова с соавторами [7], проводя сравнительный анализ традиционных и инновационных решений. Концепция экономики замкнутого цикла в строительстве как основы устойчивого развития представлена в работе В. Э. Комова [5]. Вопросы экологической сертификации и оценки устойчивости строительства рассматриваются П. М. Жуком и М. Айхнером [4]. Международный опыт перехода к низкоуглеродному строительству, в частности применение цемента с низким углеродным следом, анализируется в работе А. К. Чаттерджи [9]. Организационно-экономические аспекты управления устойчивым развитием строительных организаций освещены в исследовании В. П. Грахова с соавторами [8].

Несмотря на обилие работ, посвященных отдельным аспектам цифровизации и экологической устойчивости, ощущается недостаток исследований, рассматривающих их комплексную интеграцию как единую проблему. Остаются нерешенными вопросы о системной роли цифровых технологий в снижении углеродного следа, о методологии количественной оценки этого эффекта, о барьерах и перспективах широкого внедрения цифровых экологических решений в строительную практику.

Целью настоящей работы является анализ роли цифровых технологий в обеспечении экологической устойчивости строительства и снижении углеродного следа объектов капитального строительства, выявление ключевых направлений и оценка потенциала их применения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ и классификацию цифровых технологий, применяемых для снижения углеродного следа в строительстве.
2. Исследовать механизмы и количественные показатели влияния цифровых решений на экологическую эффективность объектов строительства.
3. Проанализировать опыт интеграции цифровых технологий с системами экологической сертификации и оценкой жизненного цикла.

4. Выявить ключевые барьеры и перспективы внедрения цифровых экологических технологий в строительную практику.

Классификация цифровых технологий для снижения углеродного следа в строительстве. Анализ современной научно-технической литературы позволяет выделить пять ключевых групп цифровых технологий, системное применение которых обеспечивает значительное снижение углеродного следа объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла.

Технология информационного моделирования зданий является фундаментальной платформой, интегрирующей данные об объекте на всех этапах – от концептуального проектирования до сноса. BIM-модель, насыщенная информацией о материалах, конструкциях, инженерных системах и технологических процессах, служит основой для количественной оценки экологических показателей. Интеграция BIM с инструментами оценки жизненного цикла (LCA) позволяет рассчитывать углеродный след на этапе проектирования, оценивать альтернативные варианты конструктивных решений и материалов, а также прогнозировать выбросы в процессе эксплуатации. Исследования показывают, что применение BIM-LCA интеграции позволяет сократить выбросы CO_2 на этапе проектирования на 15-25% за счет оптимизации объемов материалов, выбора экологически эффективных конструкций и снижения отходов производства [6, 7].

Цифровые двойники представляют собой динамические виртуальные копии физических объектов, синхронизированные с ними в реальном времени через сети датчиков (IoT). В отличие от статической BIM-модели, цифровой двойник непрерывно обновляется на основе данных о текущем состоянии объекта, что обеспечивает возможности для оперативного управления и оптимизации. В контексте снижения углеродного следа цифровые двойники позволяют: оптимизировать режимы работы инженерных систем (отопление, вентиляция, кондиционирование, освещение) в реальном времени, снижая энергопотребление на 20-30%; прогнозировать необходимость технического обслуживания, предотвращая потери эффективности оборудования; моделировать различные сценарии эксплуатации и выбирать оптимальные с точки зрения энергоэффективности [6, 10]. В. А. Шананин и К. Ю. Лосев [10] подчеркивают, что создание цифровых двойников с использованием искусственного интеллекта позволяет не только отслеживать текущие показатели, но и прогнозировать будущие состояния, что открывает возможности для упреждающего управления экологической эффективностью.

Методы искусственного интеллекта и машинного обучения расширяют возможности анализа и оптимизации, заложенные в BIM и цифровых двойниках. Нейросетевые алгоритмы позволяют: прогнозировать энергопотребление зданий с учетом множества факторов (погодные условия, режимы использования, техническое состояние оборудования); оптимизировать параметры проектных решений по множеству критериев, включая стоимость, энергоэффективность и углеродный след; выявлять

скрытые закономерности в данных о потреблении ресурсов и предлагать меры по их снижению. В сочетании с цифровыми двойниками искусственный интеллект создает основу для создания самообучающихся, адаптивных систем управления зданиями, способных самостоятельно находить оптимальные режимы работы и минимизировать воздействие на окружающую среду [10].

Технологии интернета вещей обеспечивают сбор данных в реальном времени, необходимых для функционирования цифровых двойников и систем интеллектуального управления. Сети датчиков, установленные в зданиях и на строительных площадках, фиксируют параметры микроклимата, энергопотребление, расход воды, уровень загрязнения воздуха, состояние оборудования. Эти данные не только используются для оперативного управления, но и накапливаются для последующего анализа, выявления трендов и оптимизации. В процессе строительства IoT-датчики позволяют контролировать расход материалов, уровень выбросов строительной техники, соблюдение экологических требований. Интеграция IoT с BIM и цифровыми двойниками создает единую информационную среду для управления экологической эффективностью объекта на всех этапах жизненного цикла [6, 7].

Цифровые технологии играют ключевую роль в реализации принципов экономики замкнутого цикла в строительстве. Паспорта материалов (material passports), создаваемые на основе BIM-моделей и данных о происхождении, составе и свойствах материалов, обеспечивают возможность их повторного использования после завершения срока службы здания. Платформы для управления рециклингом, использующие технологии блокчейн и интернета вещей, позволяют отслеживать движение строительных отходов, оптимизировать их сортировку и направлять на переработку. В. Э. Комов [5] подчеркивает, что переход к экономике замкнутого цикла в строительстве, основанный на цифровых технологиях, позволяет не только сократить объемы отходов, но и значительно снизить углеродный след за счет уменьшения потребности в производстве новых материалов.

Количественная оценка влияния цифровых технологий на снижение углеродного следа. Современные исследования позволяют количественно оценить потенциал снижения углеродного следа за счет применения цифровых технологий в строительстве. На этапе проектирования интеграция BIM с инструментами LCA обеспечивает возможность выбора оптимальных решений уже на ранних стадиях. Анализ альтернативных вариантов конструкций и материалов, проводимый в цифровой среде, позволяет снизить углеродный след на 15-25% без увеличения стоимости строительства. Применение алгоритмов параметрической оптимизации, учитывающих экологические критерии, может дополнительно сократить выбросы на 5-10% [6, 7].

В процессе строительства цифровые технологии обеспечивают точный учет потребления ресурсов и оптимизацию логистики, что снижает выбросы,

связанные с транспортировкой материалов и работой строительной техники. Использование BIM для планирования последовательности работ, организации поставок и контроля качества позволяет сократить количество переделок и объем строительных отходов. По данным исследований, применение BIM в процессе строительства снижает объем отходов на 10-15%, что напрямую влияет на снижение углеродного следа [7].

Наиболее значительный эффект достигается на этапе эксплуатации зданий, где применение цифровых двойников и систем интеллектуального управления обеспечивает снижение энергопотребления на 20-30% по сравнению с традиционными системами управления. В сочетании с использованием возобновляемых источников энергии и инновационных материалов этот эффект может достигать 40-50% [5, 7]. Исследование Е. Э. Смирновой с соавторами [7] показывает, что замена традиционных материалов на инновационные с низким углеродным следом (например, цемент с использованием добавок, замещающих клинкер, или вторичные заполнители) позволяет снизить углеродный след конструкций на 30-50%. При этом цифровое моделирование обеспечивает точный расчет необходимых объемов и свойств таких материалов, предотвращая их нерациональное использование.

Интеграция цифровых технологий с системами экологической сертификации. Современные системы экологической сертификации зданий (LEED, BREEAM, GREEN ZOOM) все активнее интегрируют требования к применению цифровых технологий как инструментов подтверждения экологической эффективности. Как отмечают П. М. Жук и М. Айхнер [4], структура доказательной базы систем сертификации включает требования к количественному обоснованию экологических характеристик, что делает цифровое моделирование и мониторинг необходимыми инструментами.

В рамках сертификации по стандарту LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) применение BIM-моделирования учитывается в разделах, связанных с энергоэффективностью, управлением ресурсами и качеством внутренней среды. Аналогично, стандарт BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) предусматривает преференции для объектов, использующих цифровые двойники и системы интеллектуального управления для оптимизации энергопотребления. Российская система GREEN ZOOM, адаптированная к национальным условиям, также включает требования к цифровому моделированию и мониторингу как к инструментам обеспечения экологической эффективности [4].

Важной тенденцией является переход от дискретной сертификации (на этапах проектирования и ввода в эксплуатацию) к непрерывному мониторингу и подтверждению соответствия на протяжении всего жизненного цикла объекта. Цифровые двойники обеспечивают такую возможность, позволяя отслеживать реальные показатели энергопотребления, выбросов и качества

среды в реальном времени и подтверждать их соответствие заявленным требованиям.

Барьеры и перспективы внедрения цифровых экологических технологий. Несмотря на очевидный потенциал, широкое внедрение цифровых технологий для снижения углеродного следа в строительстве сталкивается с рядом барьеров.

К ним относятся недостаточная совместимость различных программных платформ (BIM-систем, инструментов LCA, систем управления зданиями), отсутствие унифицированных форматов обмена данными, высокая стоимость внедрения и сложность интеграции с унаследованными системами. Как отмечают К. М. Крюков и А. В. Шаповалов [6], создание полноценных цифровых двойников требует значительных инвестиций в сенсорное оборудование, вычислительные ресурсы и программное обеспечение, что ограничивает их применение преимущественно крупными проектами.

Отсутствие единых стандартов и методик количественной оценки углеродного следа зданий, а также методов верификации эффекта от применения цифровых технологий затрудняет сравнение альтернативных решений и обоснование инвестиций. Исследование Е. Э. Смирновой с соавторами [7] показывает, что результаты оценки углеродного следа могут существенно различаться в зависимости от используемой методологии, что создает неопределенность для заказчиков и инвесторов.

Дефицит специалистов, обладающих одновременно компетенциями в области строительства, экологии и цифровых технологий, является серьезным ограничением. Требуется развитие системы подготовки кадров, включающей как базовое инженерное образование, так и программы повышения квалификации для практикующих специалистов [8].

Высокая стоимость внедрения цифровых решений и неопределенность экономического эффекта сдерживают инвестиции, особенно со стороны малых и средних строительных компаний. Как отмечают В. П. Грахов с соавторами [8], специфика управления устойчивым развитием организаций строительного комплекса требует разработки механизмов государственной поддержки, включая налоговые льготы и субсидирование внедрения экологически эффективных технологий.

Несмотря на существующие барьеры, можно выделить несколько перспективных направлений дальнейшего развития. Во-первых, создание национальных стандартов и методик количественной оценки углеродного следа зданий, учитывающих специфику российского строительного комплекса и климатических условий. Во-вторых, развитие государственной политики стимулирования внедрения цифровых экологических технологий, включая включение требований по применению BIM и цифровых двойников в нормативные документы и условия государственных закупок. В-третьих, развитие систем подготовки кадров, включая создание специализированных образовательных программ по направлению «Цифровое экологическое

строительство». В-четвертых, интеграция цифровых технологий с системами экологической сертификации и углеродного учета, создание единой цифровой платформы для управления экологической эффективностью объектов строительства на всех этапах жизненного цикла.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует, что цифровые технологии играют ключевую роль в обеспечении экологической устойчивости строительства и снижении углеродного следа объектов капитального строительства. Интеграция информационного моделирования зданий (BIM), цифровых двойников, искусственного интеллекта, интернета вещей и технологий экономики замкнутого цикла создает основу для формирования новой парадигмы экологически ответственного строительства, в которой цифровые инструменты обеспечивают количественный учет, контроль и оптимизацию экологических показателей на всех этапах жизненного цикла объектов.

Основные выводы исследования. Цифровые технологии обеспечивают снижение углеродного следа по нескольким направлениям: оптимизация проектных решений на основе интеграции BIM и LCA позволяет сократить выбросы на 15-25%; применение цифровых двойников и систем интеллектуального управления снижает энергопотребление в эксплуатации на 20-30%; использование инновационных материалов с низким углеродным следом в сочетании с цифровым моделированием может снизить общий углеродный след зданий на 30-50%; технологии экономики замкнутого цикла обеспечивают сокращение отходов и уменьшение потребности в производстве новых материалов.

Наиболее значительный потенциал снижения выбросов достигается при системной интеграции различных цифровых технологий, объединенных в единой информационной среде, охватывающей все этапы жизненного цикла объекта – от проектирования до сноса и утилизации. Ключевыми условиями реализации этого потенциала являются: стандартизация методов количественной оценки углеродного следа; развитие государственной политики стимулирования внедрения цифровых экологических технологий; подготовка квалифицированных кадров, обладающих междисциплинарными компетенциями; создание экономических механизмов, делающих внедрение цифровых решений экономически привлекательным для всех участников инвестиционно-строительного процесса.

Научная новизна представленной работы заключается в системной классификации и обобщении цифровых технологий, применяемых для снижения углеродного следа в строительстве, а также в выявлении количественных показателей их эффективности на основе анализа современных исследований.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут служить основой для разработки стратегий цифровой трансформации строительных компаний, обоснования инвестиций в цифровые экологические

технологии, а также для совершенствования нормативной базы в области экологического регулирования строительной отрасли.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой унифицированных методик количественной оценки снижения выбросов за счет цифровых технологий; созданием национальных стандартов и баз данных по углеродному следу строительных материалов и конструкций; исследованием экономической эффективности внедрения цифровых экологических решений с учетом полного жизненного цикла объектов; разработкой систем подготовки специалистов в области цифрового экологического строительства; а также изучением международного опыта и возможностей его адаптации к российским условиям.

Список литературы:

1. Арсланов, Ш. Д. Развитие строительного комплекса как условие стабилизации и устойчивого роста экономики / Ш. Д. Арсланов, Х. Д. Арсланова, Б. Д. Арсланов // Вопросы структуризации экономики. – 2005. – № 3. – С. 95-102.
2. Виноградова, С. А. Эволюция экологической устойчивости в строительстве: инновации, сотрудничество и перспективы / С. А. Виноградова // Инновационные исследования как основа развития научной мысли : сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Анапа, 07 сентября 2023 года. – Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2023. – С. 98-102.
3. Воронцова, Р. Ф. Оценка воздействия строительства на экологическую устойчивость природных систем / Р. Ф. Воронцова // Природообустройство. – 2010. – № 3. – С. 112-116.
4. Жук, П. М. Структура доказательной базы систем экологической сертификации зданий и оценки устойчивости строительства / П. М. Жук, М. Айхнер // Архитектура и современные информационные технологии. – 2013. – № 3(24). – С. 08.
5. Комов, В. Э. Экономика замкнутого цикла в строительстве: рециклинг материалов и снижение углеродного следа как основа устойчивого будущего развития общества / В. Э. Комов // Экономика строительства. – 2025. – № 6. – С. 245-247.
6. Крюков, К. М. Использование технологии цифровых двойников в строительстве / К. М. Крюков, А. В. Шаповалов // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5(89). – С. 517-525.
7. Смирнова, Е. Э. Снижение углеродного следа в строительстве: сравнительный анализ применения традиционных и инновационных материалов / Е. Э. Смирнова, Г. Ф. Данилович, Н. М. Мамедов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2024. – № 3(71). – С. 162-174. – DOI 10.61260/1998-8990-2024-3-162-174.
8. Специфика управления устойчивым развитием организаций строительного комплекса / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, Ю. Г. Кислякова, У. Ф. Симакова // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий : Материалы 17-го Международного научного семинара, проводимого в рамках 19-й международной научно-технической конференции, Минск, 25–26 марта 2021 года / Программ. комитет С.В. Харитончик, А.В. Данильченко [и др.]. – Минск: Издательское общество с ограниченной ответственностью "Право и экономика", 2021. – С. 23-25.
9. Чаттерджи, А. К. Переход к строительству на основе цемента с низким "углеродным следом": требования и препятствия / А. К. Чаттерджи // Цемент и его применение. – 2018. – № 2. – С. 54-59.

10. Шананин, В. А. Создание цифровых двойников в строительстве при помощи искусственного интеллекта / В. А. Шананин, К. Ю. Лосев // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 6. – С. 537-360.

УДК 004.4

Авакян А. С., Козлов В. В.
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФРЕЙМВОРКОВ ANGULAR, REACT И VUE В РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ

Аннотация. В статье рассматриваются современные JavaScript-фреймворки Angular, React и Vue, используемые для разработки веб-интерфейсов и одностраничных веб-приложений. Рассматриваются различия в реализации компонентного подхода и управлении состоянием. Оцениваются особенности работы с DOM и подходы к обновлению интерфейса. Проводится анализ архитектурных характеристик, подходов к разработке пользовательских интерфейсов, а также механизмов работы с данными для каждого из рассматриваемых фреймворков. Выполняется сравнение примененных технологий по ряду критериев: архитектура, уровень освоения, гибкость и скорость работы.

Ключевые слова: веб-разработка, JavaScript-фреймворки, Angular, React, Vue, пользовательский интерфейс.

В настоящее время, с развитием информационных технологий и цифровизацией различных видов деятельности, наблюдается постоянный рост спроса на веб-приложения. В данном случае важное значение имеет не только программная составляющая, но и интерфейс, а также взаимодействие с веб-приложением.

Современные пользователи требуют от приложений высокую интерактивность, скорость и гибкость для различных устройств. Это включает адаптивность интерфейса, корректную работу на мобильных устройствах и быструю реакцию на действия пользователя. И это вызывает усложнение клиентской части интернет-приложений и необходимость использовать специализированные инструменты разработки.

С другой стороны, с ростом сложности информационных систем растет потребность в использовании технологий, которые позволяют структурировать код, упростить сопровождение и расширение программных систем. Именно поэтому широкое применение получили JavaScript фреймворки, которые предоставляют готовые архитектурные решения и инструменты для создания пользовательских интерфейсов [4].

Используя подобные фреймворки, можно существенно уменьшить время разработки, повысить качество написанного кода и уменьшить вероятность ошибок.

Самыми часто используемыми технологиями этой области являются Angular, React и Vue. Эти технологии широко используются как в коммерческой разработке, так и в образовательной среде, а также применяются при создании как небольших проектов, так и масштабных

корпоративных систем. Поэтому данные технологии являются актуальными для сравнительного анализа.

Angular – это полноценный фреймворк для создания веб-приложений, который поддерживается компанией Google. Его архитектура основана на модульной структуре и компонентах, что способствует организованности программного кода и облегчает поддержку программных систем. Кроме того, этот фреймворк включает в себя встроенные инструменты для маршрутизации, внедрения зависимостей и управления формами [3].

React - это JavaScript-библиотека. Основной принцип React заключается в создании пользовательских интерфейсов на основе компонентов, которые могут быть повторно использованы в различных частях приложения [1]. Такой подход способствует повышению модульности программного кода и упрощает разработку сложных интерфейсов.

Одним из характерных признаков React является использование виртуального DOM. Такой метод позволяет сначала выполнить операцию изменения интерфейса в виртуальной структуре документа, а затем применить только те изменения, которые действительно необходимы. Это позволяет уменьшить количество операций обновления интерфейса и повысить производительность приложения [5].

Vue считается прогрессивным JavaScript-фреймворком. Этот фреймворк может использоваться как для разработки отдельных компонентов интерфейса, так и для создания полноценных одностраничных приложений [2]. Vue использует реактивную систему управления данными, которая автоматически отслеживает изменения состояния приложения и обновляет пользовательский интерфейс. Это упрощает разработку и делает код более предсказуемым.

Также этот фреймворк отличается относительно простым синтаксисом и удобством освоения. Благодаря декларативным шаблонам и реактивной системе данных разработчики могут быстрее создавать пользовательские интерфейсы и управлять состоянием приложения [5].

Чтобы сравнить имеющиеся в современной практике технологии разработки интерфейсов пользователя, следует выявить основные критерии сравнения, позволяющие сравнить эти технологии в предмете в объективной плоскости. К таким критериям можно отнести архитектуру приложения, сложность освоения технологии, гибкость разработки, производительность, масштабируемость, а также уровень поддержки сообществом и наличие экосистемы инструментов.

В таблице 1 представлено сравнение рассматриваемых технологий.

Таблица 1. Основные характеристики технологий

Критерий	Angular	React	Vue

Тип технологии	Полноценный фреймворк	Библиотека	Фреймворк
Язык разработки	TypeScript	JavaScript / Typescript	JavaScript
Архитектура	Модульная	Компонентная	Компонентная
Порог входа	Высокий	Средний	Низкий
Поддержка сообщества	Высокая	Очень высокая	Высокая

Обратившись к представленным характеристикам, можно заключить, что Angular является наиболее сложным решением среди представленных технологий. Разработчикам Angular предлагается строгая архитектурная модель, в которой внедрены все необходимые для работы над проектом инструменты, такие как маршрутизация, управление состояниями, поддержка HTTP запросов. Использование TypeScript в качестве основы для разработки повышает надёжность написанного кода, что особенно актуально для больших проектов.

React, в отличие от Angular, является библиотекой, предназначенной для создания пользовательского интерфейса. Разработчикам дана значительная свобода действий в выборе архитектурного решения и возможность использования сторонних библиотек. Такой подход позволяет React быть гибким и адаптируемым решением для различных типов проектов, но в тоже время требует дополнительных усилий при настройке окружения, выбора вспомогательных библиотек.

Vue расположен посередине между Angular и React, поскольку он обладает как низким порогом входа, так и достаточно хорошими функциональными возможностями для реализации сложных проектов. Это связано с тем, что Vue имеет низкий порог входа, поскольку он имеет хорошую документацию и относительно простой синтаксис. Кроме того, из-за постепенности сложных концепций и гибкости использования, Vue является оптимальным выбором для начинающего программиста, а также для проектов со средней сложностью.

Следующим важным аспектом, на котором следует остановить свое внимание в процессе выбора используемой технологии, является ее производительность, поскольку она напрямую влияет на пользовательский опыт при взаимодействии с большими объемами данных. В работе [6] проведено сравнительное исследование Angular, React, Vue в части времени выполнения типовых операций пользовательского интерфейса

В таблице 2 представлены результаты исследования.

Таблица 2. Сравнение производительности Angular, React и Vue

Показатель	**Angular**	**React**	**Vue**
Создание строк	43.9	45.3	46.4
Замена всех строк	44.6	48.3	51.2

Частичное обновление	100.3	106.3	93.8
Выбор строки	17.5	22.0	17.1
Удаление строки	45.2	44.6	42.7

Результаты этого исследования также продемонстрировали, что современные фронтенд фреймворки имеют примерно одинаковую производительность. Хотя небольшие различия могут наблюдаться в определенных сценариях, в реальных приложениях они обычно не оказывают существенного влияния на опыт взаимодействия. Более важную роль играют архитектурные решения.

Есть также необходимость отметить, что каждая из технологий использует собственный подход для работы с DOM. Так, технология React использует виртуальный DOM, что дает возможность максимально эффективно обновлять интерфейс за счет минимизации работы с физическим DOM. В свою очередь, технология Vue также использует виртуальный DOM, но дополнительно предлагает реактивный подход для работы с зависимостями, что делает его более понятным для понимания. В свою очередь, технология Angular использует механизм change detection, который обеспечивает синхронизацию и представление данных.

Еще один важным фактором является масштабируемость. Под масштабируемостью подразумевается способность системы эффективно развиваться, поддерживая увеличение функционала без сильного усложнения структуры. Angular наиболее подходит для крупных корпоративных проектов. Для этого у Angular строгая архитектура, модульность и наличие встроенных решений, позволяющих стандартизировать разработку и упростить сопровождение. React используется как в маленьких, так и в крупных проектах, но требует дополнительных библиотек, чтобы управлять архитектурой. Vue показывает хорошую масштабируемость и относительно низкую сложность, поэтому является универсальным решением.

Экосистема и поддержка сообщества тоже имеют важное значение. Для React имеется наибольшее сообщество, а вместе с этим имеется максимально возможное количество внешних библиотек. Angular имеет поддержку от Google, что говорит о стабильном развитии. Vue имеет более компактное сообщество, которое активно развивается и обладает качественной документацией.

Таким образом, на основании этого сравнительного анализа, можно заключить, что Angular, React, и Vue.js имеют различные характеристики, и каждый из них имеет свое отдельное применение. Angular предназначен для создания крупномасштабных корпоративных приложений с жесткой архитектурой. React обеспечивает свободу в разработке интерфейсов, что в конечном итоге сделало его универсальным инструментом. Vue сочетает

простоту и функциональность, обеспечивая быстрый старт и удобство разработки.

Выбор конкретного фреймворка определяется требованиями проекта, сложностью разрабатываемой системы, предпочтениями команды разработчиков, а также необходимостью масштабируемости и поддержки в будущем. В современных условиях все три технологии актуальны и широко применяются в веб-разработке, что подверждает их значимость и востребованность на рынке.

Список литературы:

1. React Documentation. Describing the UI. [Электронный ресурс]. URL: https://react.dev/learn/describing-the-ui (дата обращения: 16.03.2026).
2. Vue.js Documentation. Introduction [Электронный ресурс]. URL: https://vuejs.org/guide/introduction.html (дата обращения: 16.03.2026).
3. Angular Documentation. [Электронный ресурс]. URL: https://angular.dev/overview (дата обращения: 16.03.2026).
4. Понимание JavaScript-фреймворков для фронтенда. MDN Web Docs. [Электронный ресурс]. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Tools_and_testing/Client-side_JavaScript_frameworks (дата обращения: 16.03.2026).
5. Выбор JavaScript-фреймворка: сравнение React, Angular и Vue глазами разработчика. Хабр. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/831726 (дата обращения: 16.03.2026).
6. Гончар Д. О. Сравнение производительности фронтэнд-фреймворков React, Angular, Vue.js и Svelte // Молодой ученый. [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/archive/483/105934 (дата обращения: 16.03.2026).

УДК 004.4

Залилов Д. И., Козлов В. В.
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРИВЫЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ

Аннотация. В статье рассматривается разработка интерактивной информационной системы формирования и отслеживания пользовательских привычек с механизмами социальной поддержки. Система реализована в виде веб-приложения с интеграцией в Telegram Mini Apps. Проведён анализ существующих решений и оценено влияние социальных механизмов на активность пользователей. Особое внимание уделено архитектуре системы и организации пользовательского взаимодействия. Результаты исследования показывают, что внедрение социальных функций способствует повышению вовлечённости пользователей и регулярности выполнения привычек..

Ключевые слова: информационные системы, отслеживание привычек, социальная мотивация, веб-приложения, Telegram Mini Apps.

В последние годы цифровые технологии активно применяются для организации повседневной деятельности, в том числе для отслеживания задач и формирования привычек. Несмотря на распространённость подобных сервисов, пользователи часто прекращают их использование из-за снижения мотивации. Исследования показывают, что социальное взаимодействие значительно повышает вероятность достижения целей: по данным Dominican University of California, этот показатель может достигать 65%.

Среди существующих решений можно выделить Loop Habit Tracker, Streaks и Habitica, различающиеся подходами к визуализации, геймификации и уровню социальной функциональности.

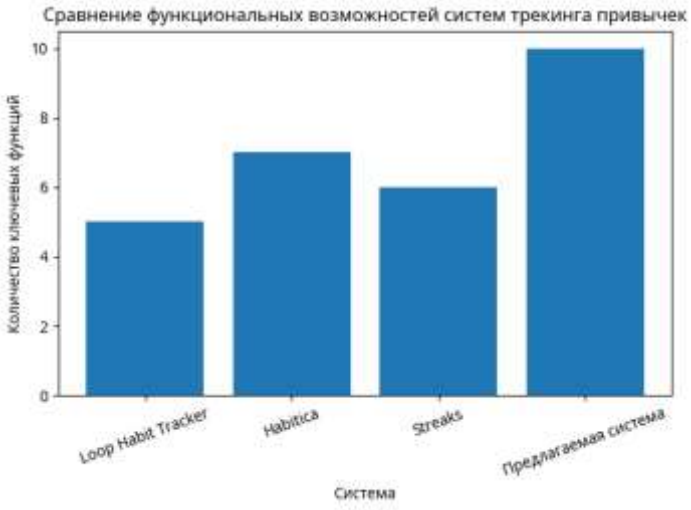


Рисунок 1 - Сравнение функциональных возможностей систем трекинга привычек

Анализ существующих решений указывает на то, что они ориентированы в первую очередь на индивидуальное использование, а социальные функции реализованы незначительно.

Социальная поддержка повышает вовлечённость пользователей и регулярность выполнения действий.

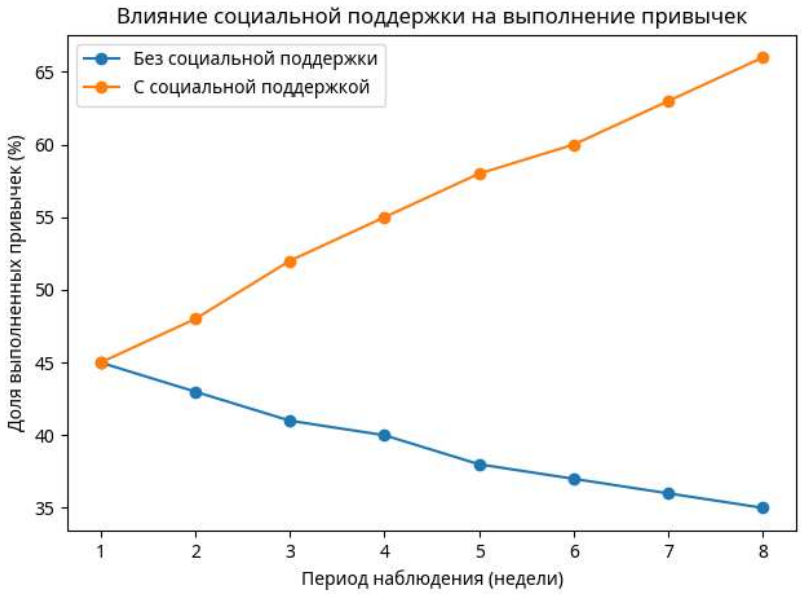


Рисунок 2 - Влияние социальной поддержки на выполнение привычек

В результате анализа разработана информационная система для отслеживания привычек и социального взаимодействия пользователей, направленная на повышение мотивации.

Разработанная система реализована в виде веб-приложения с интеграцией в Telegram Mini Apps, что обеспечивает доступ через мессенджер и упрощённую авторизацию пользователей. Архитектура системы основана на реляционной модели данных и включает сущности пользователей, привычек, их выполнения и социального взаимодействия.

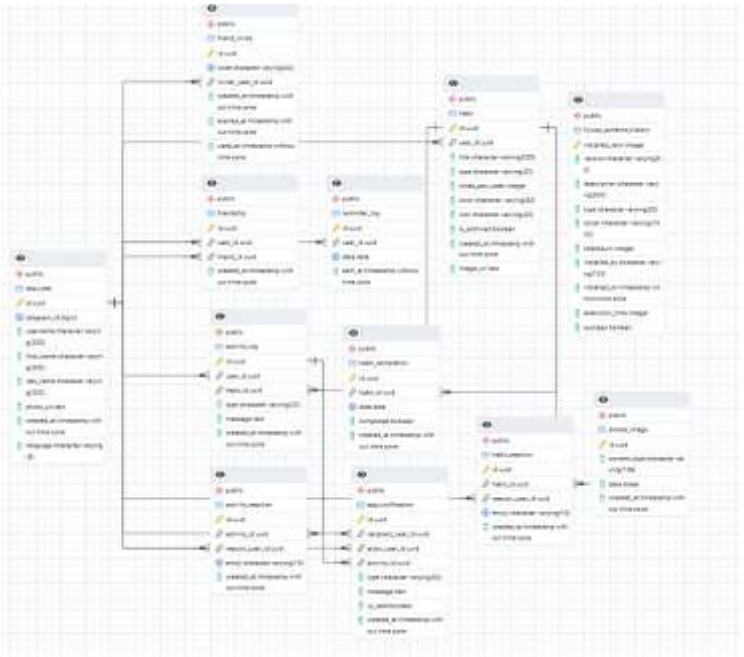


Рисунок 3 — ER-диаграмма базы данных системы

На рисунке 3 представлена ER-диаграмма базы данных системы, построенной на реляционной модели. Она включает сущности пользователей (app_user), привычек (habit) и их выполнения (habit_completion). Социальные функции реализованы через таблицы friendship, friend_invite и activity_reaction, уведомления — через app_notification, а хранение изображений — через stored_image.

Система ориентирована на обеспечение непрерывного взаимодействия пользователя с процессом формирования привычек. Важным аспектом является снижение порога входа в использование системы, что достигается за счёт интеграции с Telegram Mini Apps и отсутствия необходимости установки отдельного приложения.

Функциональность системы включает создание и редактирование пользовательских привычек, установку параметров их выполнения, а также отслеживание прогресса в динамике. Пользователь может фиксировать выполнение привычек на ежедневной основе, что позволяет формировать устойчивые поведенческие модели.

Особое внимание уделено социальным механизмам взаимодействия. Пользователи могут добавлять друг друга в друзья, отслеживать активность других участников системы и оставлять реакции на их достижения. Это формирует дополнительную мотивацию за счёт эффекта социальной вовлечённости и ответственности.

Кроме того, реализована система уведомлений, информирующая пользователей о действиях других участников, связанных с их активностью. Это способствует поддержанию интереса к системе и регулярному возвращению к её использованию.

Важной особенностью системы является совмещение индивидуального и социального подходов к формированию привычек. Пользователь получает инструменты для самостоятельного контроля, а также возможность взаимодействия с другими участниками, что повышает эффективность достижения поставленных целей.

Таким образом, предложенная информационная система обеспечивает комплексный подход к формированию привычек, объединяя инструменты самоконтроля, визуализации прогресса и социального взаимодействия.

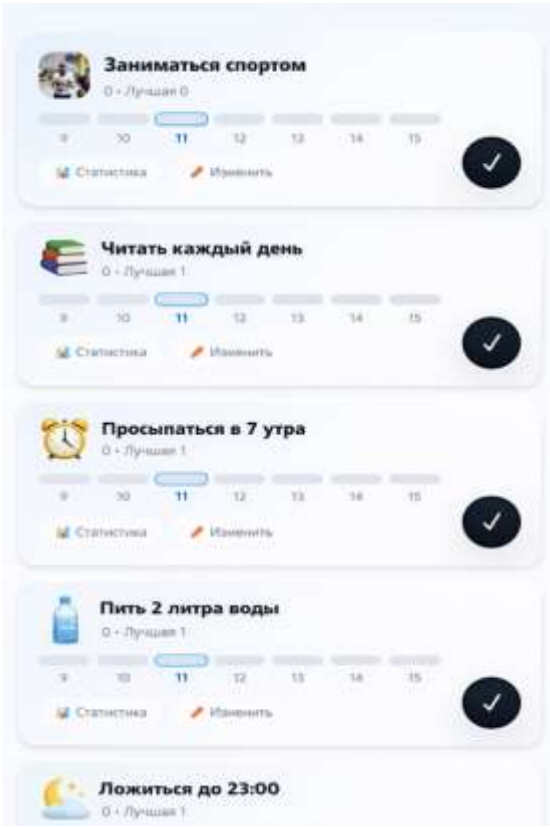


Рисунок 4 - Главный экран приложения

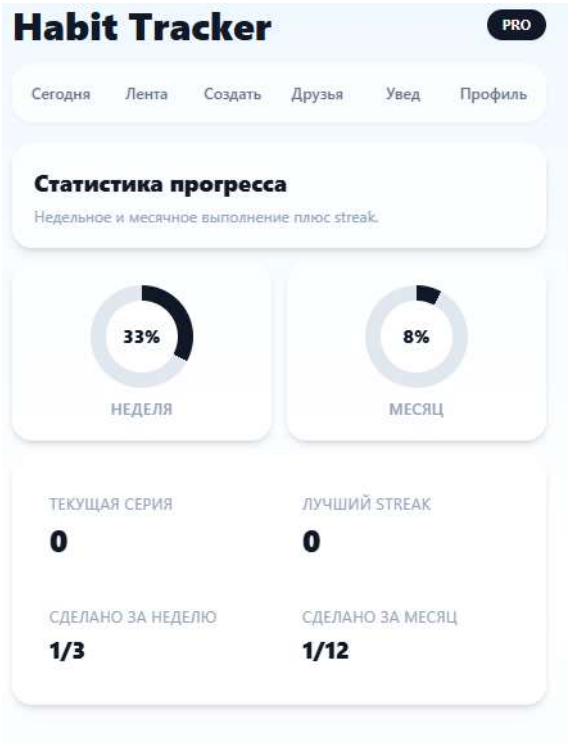


Рисунок 5 - Экран статистики привычки

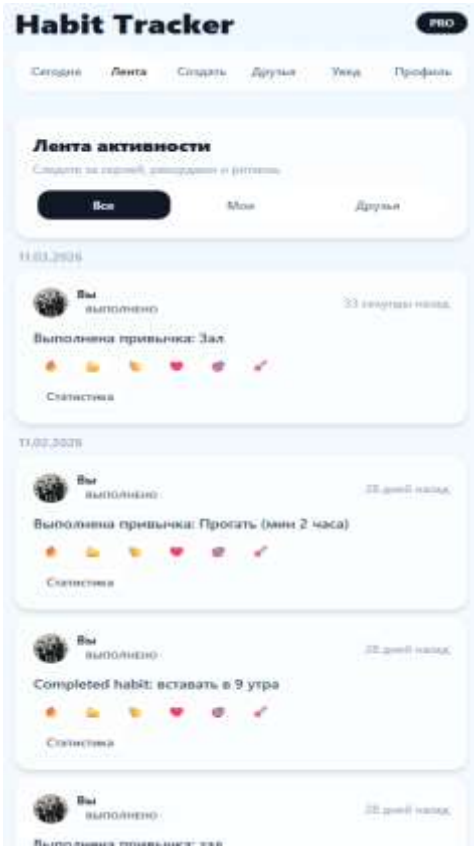


Рисунок 6 – Лента активности пользователей

Интерфейс системы ориентирован на мобильное использование в Telegram Mini Apps. Основной экран отображает список привычек и позволяет

отмечать их выполнение, экран статистики — динамику выполнения и текущие серии, а социальная лента — взаимодействие пользователей.

Анализ пользовательской активности показывает рост взаимодействий при использовании системы, что подтверждает эффективность внедрения социальных механизмов и их значимость для формирования устойчивых пользовательских привычек.

Список литературы:

1. НАФИ. Цифровые привычки пользователей и использование мобильных приложений. URL: https://nafi.ru/polls/rossiyane-rasskazali-skolko-mobilnykh-prilozheniy-ispolzuyut-dlya-raznykh-zadach/ (дата обращения: 15.03.2026).
2. Dominican University of California. Goal Setting Research Study. URL: https://www.dominican.edu/sites/default/files/2020-02/gailmatthews-harvard-goals-researchsummary.pdf?utm_sourse (дата обращения: 15.03.2026).
3. Telegram. **700 Million Users and Telegram Premium.** URL: https://telegram.org/blog/700-million-and-premium/ru?ln=a (дата обращения: 15.03.2026).
4. Statista. Mobile App Usage Statistics Worldwide. URL: https://www.statista.com/topics/1002/mobile-app-usage/#editorsPicks (дата обращения: 15.03.2026).
5. DataReportal. Digital 2024 Global Overview Report. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report (дата обращения: 15.03.2026).
6. Дахигг Ч. Сила привычки. Почему мы живем и работаем именно так, а не иначе //СПб.: Питер. – 2014.
7. Клир Д. Атомные привычки. Как приобрести хорошие привычки и избавиться от плохих / Д. Клир — «Питер», 2018 — (Сам себе психолог (Питер)) ISBN 978-5-4461-1216-6
8. Juba S., Vannahme A., Volkov A. Learning PostgreSQL. – Packt Publishing Ltd, 2015.

УДК 004.9:796

Сапунов А. С.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СПОРТЕ

Аннотация: рассматривается задача разработки информационной системы управления спортивными соревнованиями, основанной на формализованном представлении соревновательных процессов и применении современных архитектурных подходов к обработке данных. Рассматриваются модели представления участников, турниров и матчей, а также универсальная графовая модель турнирной структуры. Предложен событийно-ориентированный подход к управлению состоянием системы, обеспечивающий обработку данных в режиме реального времени. Показано, что интеграция формализованных моделей и методов интеллектуальной обработки данных позволяет повысить адаптивность, масштабируемость и интерпретируемость системы.

Ключевые слова: информационная система, спортивные соревнования, событийная архитектура, графовая модель, обработка данных, цифровизация, CRM.

Введение. Цифровизация спортивной индустрии требует перехода от локальных и слабо связанных программных решений к комплексным информационным системам, обеспечивающим формализованное управление соревновательными процессами [3]. Традиционные подходы характеризуются фрагментацией данных, отсутствием единой модели представления информации и высокой зависимостью от ручных операций.

Существующие программные решения, как правило, автоматизируют отдельные этапы проведения соревнований, такие как регистрация участников или формирование турнирных сеток, однако не обеспечивают целостного представления соревнования как динамической системы [1]. Это ограничивает возможности масштабирования, анализа и повторного использования данных.

Особую сложность представляет необходимость обработки динамически изменяющейся информации: результаты матчей, изменение состава участников, обновление турнирной структуры. Это требует применения архитектурных решений, обеспечивающих реактивную обработку данных и согласованность состояния системы [3].

В связи с этим актуальной задачей является разработка информационной системы, основанной на формализованных моделях соревновательного процесса и современных методах организации обработки данных.

Формализация соревновательного процесса. Соревновательный процесс рассматривается как динамическая система, состояние которой изменяется во времени под воздействием событий. Для описания структуры системы введем основные множества.

Множеством участников соревнования называется конечное множество (формула 1).

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ (1),

Множеством участников соревнования называется множество (формула 2).

$M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ (2),

Множеством результатов называется конечное множество (формула 3).

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ (3),

Каждый участник описывается вектором характеристик (формула 4):

$P_i = \{a_i, r_i, s_i, h_i\}$ (4),

где:

- a_i — принадлежность к организации;
- r_i — регион;
- s_i — рейтинговая оценка участника;
- h_i — история выступлений.

Состояние системы в момент времени (t) определяется как (формула 5):

Данное представление позволяет учитывать как статические характеристики участника (например, принадлежность к клубу), так и динамические (накопленная история выступлений), что является необходимым условием для корректной обработки соревновательных данных.

$S_t = \{P_t, M_t, R_t,\}$ (5),

где:

- P_t – множество участников, актуальное на момент времени t;
- M_t – множество матчей, включая запланированные, активные и завершенные;
- R_t – множество результатов, зафиксированных к моменту времени t;

Множества M_t и R_t являются изменяемыми во времени, что отражает динамический характер соревновательного процесса.

Изменение состояния происходит под воздействием множества событий (формула 6):

$S_{t+1} = f\{S_t, E_t,\}$ (6),

где:

- (E_t) — множество событий, произошедших в момент времени t,
- f — функция перехода состояния системы.

Такое представление позволяет рассматривать соревнование как управляемый процесс, поддающийся алгоритмической обработке.

Универсальная модель турнирной структуры. Для обеспечения независимости от конкретного вида спорта турнирная структура представляется в виде ориентированного графа (формула 7), где вершины V соответствуют участникам, матчам и промежуточным стадиям, а рёбра E отражают логические зависимости между ними.

$G = (V, \mathrm{E})(7)$,

Вершины графа могут представлять отдельных спортсменов или команды, конкретные матчи, а также переходы между раундами (рисунок 1).

Рёбра отражают зависимости вида «победитель матча А проходит в матч В». Функция условий перехода определяет правила продвижения по графу, включая логическое условие (например: «победитель матча», «участник с наивысшим рейтингом»).

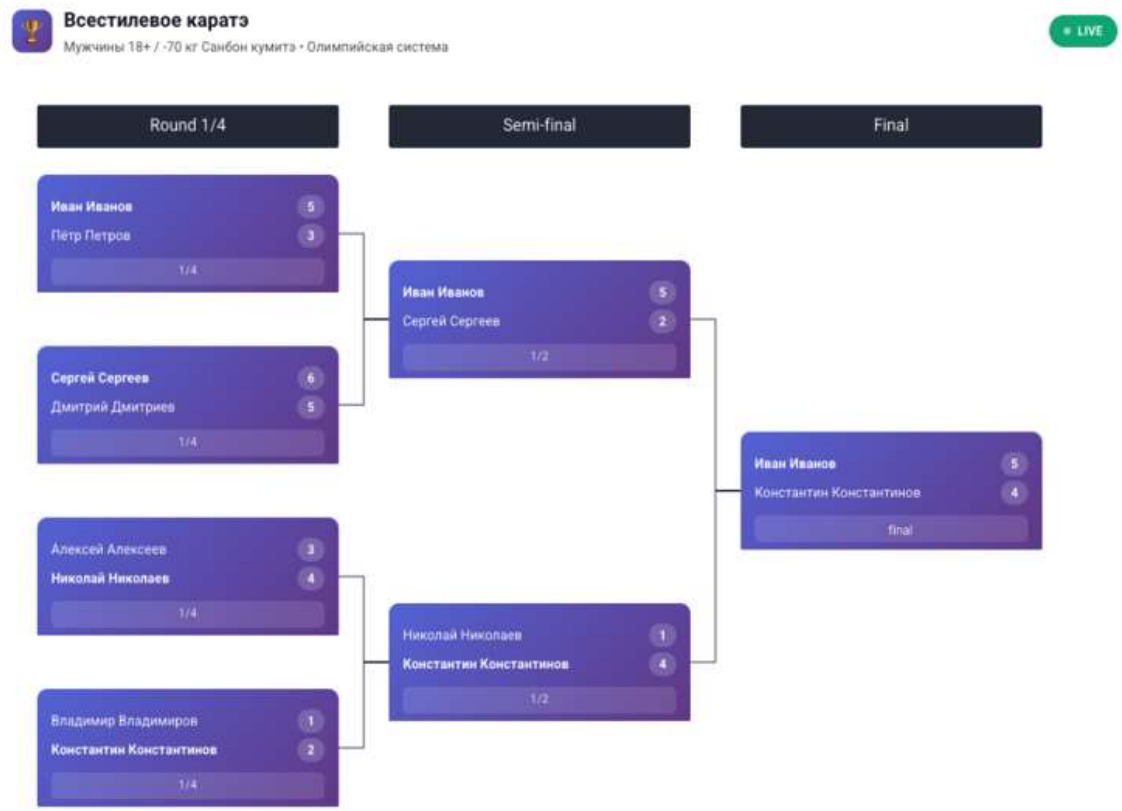


Рисунок 1 — Интерфейс турнирной сетки в системе Arena.crm

Преимущества графовой модели:

- независимость от формата соревнований — олимпийская система представляется как бинарное дерево, круговой турнир как полный граф, смешанные форматы как комбинация структур;
- поддержка динамического изменения структуры — добавление вершин при переносе матчей, удаление при дисквалификации, изменение рёбер при модификации регламента;
- универсальность алгоритмов обработки — обход графа, визуализация, поиск путей применяются независимо от вида спорта [5].

Таким образом, визуализация турнирной сетки реализует принцип единого источника истины: все клиенты получают согласованное представление о состоянии соревнования, что достигается за счёт централизованной обработки событий и реактивного обновления пользовательского интерфейса.

Архитектура системы и панель управления. Архитектура системы строится на основе событийно-ориентированного подхода, где каждое

изменение состояния представляется в виде события, распространяемого через шину сообщений [3]. Для обеспечения гибкости запросов применяется GraphQL API, позволяющий клиенту точно определять структуру необходимых данных и избегать проблемы недогрузки или перегрузки.

Система реализована с применением модульной микросервисной архитектуры, где каждый функциональный компонент (управление турнирами, регистрация участников, обработка матчей, аналитика) выделен в независимый сервис.

Интерфейс панели управления спроектирован с учетом задач оперативного мониторинга, что позволяет организаторам оперативно отслеживать ключевые метрики соревновательных процессов. На рисунке 2 представлена главная панель управления системой Arena.crm.

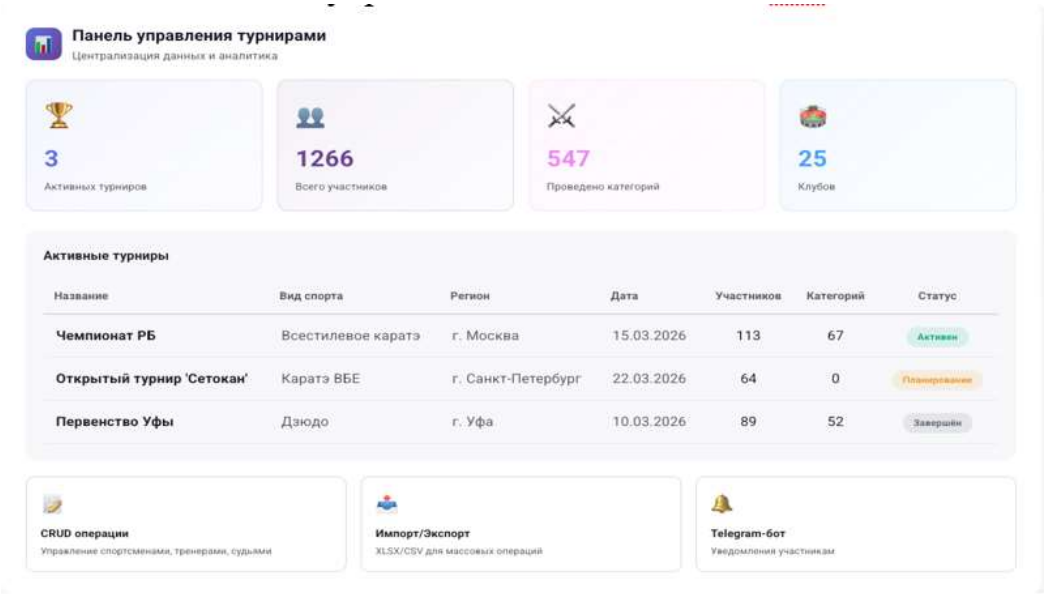


Рисунок 2 — Панель управления турнирами с аналитикой

Модульная структура включает следующие подсистемы:

- управление участниками — CRUD-операции над сущностями «Спортсмен», «Тренер», «Судья», ролевая модель доступа (RBAC), массовый импорт/экспорт из XLSX/CSV [3];
- управление турнирами — создание и конфигурация турниров, формирование категорий по полу/возрасту/весу, распределение ресурсов (назначение судей, составление расписания);
- обработка матчей — цифровой протокол с валидацией данных, автоматическое обновление турнирной сетки, поддержка различных систем судейства;
- аналитическая подсистема — сбор и агрегация статистики по спортсменам, клубам, регионам, визуализация данных [4].

Такая архитектура системы реализует принцип единой точки входа, обеспечивая организаторам доступ ко всем инструментам управления

соревнованиями без необходимости переключения между разрозненными модулями, что подтверждает достижение цели по централизации данных и автоматизации процессов спортивного менеджмента.

Обработка данных в реальном времени. Соревновательные процессы требуют оперативного обновления информации с минимальной задержкой. Система реализует механизм real-time обработки через WebSocket, обеспечивающий мгновенную синхронизацию состояния между сервером и клиентами.

Ключевые требования:

- локальность изменений — обновление результата одного матча не требует пересчёта всей турнирной сетки;
- согласованность данных — централизованная обработка событий гарантирует идентичное состояние у всех пользователей;
- устойчивость к повторным операциям — идемпотентность операций обработки событий предотвращает дублирование при повторной доставке [3].

Обработка данных в реальном времени представляет собой критически важный компонент информационной системы управления спортивными соревнованиями. Для обеспечения реактивного обновления данных применяется GraphQL API с поддержкой Subscriptions, работающий поверх WebSocket-протокола. Такой подход позволяет клиентам подписываться на изменения конкретных сущностей (матчи, результаты, турнирные сетки) и получать обновления в режиме реального времени с задержкой менее одной секунды. Интерфейс цифрового протокола матча, представленный на рисунке 3, демонстрирует визуализацию соревновательного процесса с фиксацией всех значимых событий в хронологическом порядке.

Интерфейс цифрового протокола матча, представленный на рисунке 3, демонстрирует визуализацию соревновательного процесса с фиксацией всех значимых событий в хронологическом порядке.

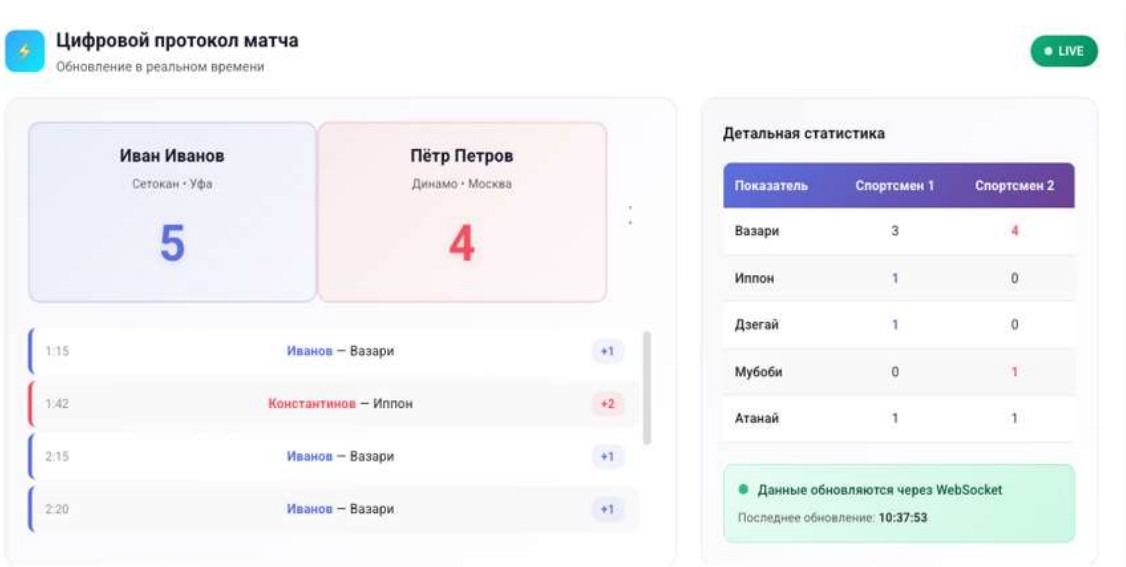


Рисунок 3 — Цифровой протокол матча с обновлением в реальном времени

Реализация цифрового протокола подтверждает работоспособность событийно-ориентированной архитектуры системы: каждое действие судьи генерирует событие, которое распространяется через шину сообщений и вызывает реактивное обновление всех подключённых клиентов. Такой подход обеспечивает согласованность данных для всех участников соревновательного процесса (организаторов, судей, спортсменов, зрителей) и исключает расхождения в отображении результатов, что является необходимым условием для обеспечения прозрачности и объективности спортивных соревнований.

Заключение. В работе предложена концепция информационной системы управления соревновательными процессами в спорте, основанная на формализованных моделях динамических систем, универсальной графовой модели турнирной структуры и событийно-ориентированной архитектуре.

Разработана математическая модель соревновательного процесса, представляющая состояние системы как кортеж множеств участников, матчей и результатов, эволюционирующий под воздействием дискретных событий, что обеспечивает воспроизводимость и полную аудируемость всех изменений. Предложена универсальная графовая модель турнирной сетки, независимая от вида спорта и формата соревнований, позволяющая моделировать как индивидуальные, так и командные дисциплины с поддержкой динамической модификации структуры.

Обосновано применение модульной микросервисной архитектуры с использованием GraphQL API для декларативного доступа к данным и WebSocket для обработки событий в реальном времени, что обеспечивает масштабируемость и высокую производительность системы.

Предложенный подход может служить теоретическим и методологическим фундаментом для разработки цифровых платформ нового поколения в спортивной индустрии, способствующих повышению эффективности управления, объективности процедур и развитию аналитической культуры в спорте.

Список литературы:

1. Ахмедзянов Э.Р. Разработка алгоритма компьютерной жеребьёвки и создания турнирных сеток соревнований по единоборствам // Компьютерные и информационные науки. — 2021. — № 4. — С. 52–59.

2. Холодов, Ж.К. Теория и методика физической культуры и спорта [Текст] : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Педагогическое образование" / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. - 15-е изд., стер. - Москва : Академия, 2018. - 494, [1] с. : ил., табл.; 22 см. - (Педагогическое образование. Бакалавриат) (Высшее образование. Бакалавриат).; ISBN 978-5-4468-7256-5

3. Карминский, Александр Маркович.

4. Информатизация бизнеса / А. М. Карминский, П. В. Нестеров. - Москва : Финансы и статистика, 1997. - 415 с.; 21 см.; ISBN 5-279-01794-9

5. Гураль О.Н., Козинец Е.И., Щербак А.П. Развитие общественных отношений в компьютерном спорте // Наука и спорт: современные тенденции. — 2020. — № 3(8). — С. 112–118.

6. Новиков, Ф.А. Дискретная математика для программистов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Информатика и вычислительная техника" / Ф. А. Новиков. - 3-е изд. - Москва [и др.] : Питер, 2008. - 383 с. : ил., табл.; см. - (Учебник для вузов).; ISBN 978-5-91180-759-7

УДК 615.47:53:616.5

Князева К. К., Водолаженко Р. А.
Московский университет «Синергия», Москва, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ РОССИЙСКОГО И АЗИАТСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (КИТАЙ, КОРЕЯ)

Аннотация: в статье представлен расширенный физико-технический анализ современных косметологических аппаратов, функционирующих на основе электромагнитного, радиочастотного и ультразвукового воздействия. Объектом исследования выступают устройства российского производства премиального сегмента и их аналоги из Китая и Республики Корея, относящиеся к среднему и бюджетному классу.

Исследование направлено на выявление различий в параметрах генерации терапевтических полей: стабильности длины волны и частоты, плотности мощности, формы и длительности импульса, коэффициента нелинейных искажений, глубины проникновения энергии, коэффициента полезного действия источников питания и пьезоэлектрических преобразователей. Особое внимание уделено анализу переходных процессов, согласованию нагрузки по импедансу, спектральной чистоте сигнала и долговременной стабильности параметров при эксплуатации.

В работе рассмотрены физические механизмы взаимодействия излучения с биологическими тканями, включая селективный фототермолиз, джоулев нагрев, скин-эффект, кавитационные явления и нелинейные акустические эффекты. Проведена метрологическая поверка заявленных характеристик оборудования с использованием эталонных измерительных приборов. Дополнительно исследована деградация рабочих элементов при термоциклировании и длительной нагрузке.

Полученные результаты демонстрируют прямую зависимость клинической предсказуемости процедур от точности воспроизведения физических параметров и устойчивости аппаратных компонентов. Сформулирована обобщённая физическая модель, объясняющая различия в эффективности оборудования различных ценовых категорий с позиций электродинамики, термодинамики и нелинейной акустики.

Ключевые слова: Медицинская физика; биофизика тканей; аппаратная косметология; радиочастотные генераторы; ультразвук высокой интенсивности (HIFU); импеданс; селективный фототермолиз; переходные процессы; коэффициент нелинейных искажений (THD); пьезоэлектрический эффект; энергоэффективность; метрологическая поверка; термодинамика биотканей.

Введение

В аппаратной косметологии лечебный результат связывают не с фармакологией, а с воздействием физических факторов на живые ткани, энергию направляют в биологическую среду с помощью электромагнитного поля, электрического тока высокой частоты либо механических колебаний

ултразвукового диапазона. На рынке сейчас заметен избыток продукции, поступающей из России, Китая и Южной Кореи. Устройства из разных ценовых сегментов нередко заявляются как имеющие совпадающие номинальные параметры – частоту, мощность и длину волны.

Практический клинический опыт показывает, устройства с совпадающими заявленными характеристиками способны заметно расходиться по результативности и уровню безопасности. По этой причине данная работа ориентирована не на рекламно-описательный уровень, а на сопоставление работы приборов через призму базовых физических механизмов. Любое косметологическое оборудование поддается характеристике посредством исходного набора параметров, амплитуды, плотности мощности, частоты, выражаемой длиной волны, временной организации сигнала и устойчивости параметров во времени.

Предположение состоит в том, что два инженерных подхода – ориентация на запас прочности и курс на снижение себестоимости – дают различный отклик по импульсу, коэффициенту нелинейных искажений (THD), спектральной чистоте излучения и быстродействию контура обратной связи. Скрытые для пользователя параметры задают распределение энергии в ткани, а значит и предсказуемость результата.

Теоретические основы генерации и взаимодействия с ткань
Оптические системы (IPL и диодные лазеры)

Рисунок 1. Оптические системы (IPL и диодные лазеры)

Спектральная стабильность и селективность фототермолиза

Эффективность лазерной эпиляции или коагуляции сосудов строится на принципе селективного фототермолиза, постулирующем, что энергия фотона должна поглощаться целевым хромофором (меланин, гемоглобин) с минимальным воздействием на окружающие ткани. Энергия фотона задается выражением:

$$E=h\nu=hc\lambda E=h\nu=\lambda hc$$

где hh — постоянная Планка, сc — скорость света, λλ — длина волны. Следовательно, даже незначительное изменение длины волны изменяет

енергию кванта и, что критичнее, коэффициент поглощения конкретным хромофором [1].

В премиальных системах (как российские разработки на базе твердотельных лазеров, так и корейские аппараты премиум-класса) используются лазерные диоды с узкой линией генерации и термостабилизацией. Это гарантирует, что $\Delta\lambda$ не превышает ±2-3 нм от номинала (например, 808 нм). В бюджетных устройствах (преимущественно китайского производства) наблюдаются:

Температурная флуктуация плазмы в лампах-вспышках IPL и дрейф тока накачки диодных лазеров;

Использование широкополосных фильтров низкого качества с неравномерной спектральной характеристикой.

Расширение спектрального контура проявляется значением $\Delta\lambda$ до 10-15 нм. В одном случае энергия переходит в зону меньших длин волн, где эпидермальный меланин начинает поглощать излучение заметно интенсивнее; отсюда возрастает вероятность ожогового повреждения. В другом случае поток энергии направляется к области больших длин волн, и вследствие этого результативность прогрева мишени уменьшается [2].

Рисунок 2. Лазерная эпиляция

Временные характеристики импульса

Селективность разрушения мишени (например, волосяного фолликула) достигается, если время воздействия (длительность импульса τимпτимп) меньше или равно времени тепловой релаксации (τрелτрел) структуры: [3, с. 5].

$$\tau\text{имп} \leq \tau\text{рел} \tau\text{имп} \leq \tau\text{рел}$$

Время релаксации пропорционально квадрату размера объекта (dd) и обратно пропорционально температуропроводности (αα):

$$\tau\text{рел} = \text{d}24\alpha\tau\text{рел} = 4\alpha d2$$

Главной характеристикой здесь выступает конфигурация нарастания импульса. В аппаратах с высококачественными драйверами – так реализовано во многих российских и корейских инженерных школах – время подъёма удерживается на уровне 5-10 нс. При таком интервале возникает режим

«теплового взрыва», поступившая энергия достигает мишени раньше, чем тепло успевает распространиться в дерме. Иная картина свойственна упрощённым генераторам, при фронте свыше 50 нс кривая приобретает пологий вид, пиковая мощность падает (Рпик=Еимп/τфронтаРпик=Еимп /τфронта), а затем появляется паразитный прогрев перифолликулярной ткани [4].

Пространственная однородность пучка

Неравномерность распределения энергии по пятну воздействия («горячие точки» — hot spots) является следствием:

- Низкого качества полировки торцов световода;
- Неоптимальной геометрии отражателя в манипулах IPL;
- Интерференции мод в дешевых диодных сборках [5].

Если плотность энергии варьируется в пределах пятна более чем на ±20-25% (что характерно для бюджетного сегмента), то при номинально безопасной средней мощности на отдельных участках возникают микроожоги, а на других — энергия оказывается ниже порога коагуляции.

Радиочастотные системы (RF-лифтинг)

Рисунок 3. (RF-лифтинг)

Закон Джоуля-Ленца и тепловыделение

Нагрев биологической ткани в электрическом поле высокой частоты подчиняется закону Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Количество тепла (Q*Q*), выделяющееся в единице объема за время t*t*, определяется электропроводностью ткани (σ*σ*) и напряженностью электрического поля (E*E*):

$$Q=\int 0t\sigma|E|2dtQ=\int 0t\sigma|E|2dt$$

Любое увеличение амплитуды поля или времени воздействия ведет к квадратичному росту тепловой нагрузки. Поэтому стабильность амплитуды является первостепенной задачей [6].

Гармоники и глубина прогрева

Глубина проникновения электромагнитной волны в ткань (толщина скин-слоя δ*δ*) зависит от частоты (f*f*), магнитной (μ*μ*) и электрической (σ*σ*) проницаемостей:

$$\delta=1\pi f\mu\sigma\delta=\pi f\mu\sigma 1$$

С увеличением частоты глубина проникновения уменьшается. Идеальный RF-сигнал представляет собой чистую синусоиду заданной частоты (обычно 0.8-4 МГц). Однако из-за нелинейности выходных каскадов усилителей в сигнале появляются высшие гармоники (2f*f*, 3f*f* и т.д.).

Коэффициент нелинейных искажений (Total Harmonic Distortion, THD) в премиальных системах составляет менее 0.5-1%. Это означает, что гармоники подавлены, и вся энергия уходит на заданную глубину. В аппаратах с высоким THD (>5-7%), характерных для упрощенных китайских схем, гармоники начинают нагревать поверхностные слои (эпидермис), создавая риск перегрева и ожогов при недогреве глубоких слоев дермы, что искажает требуемый температурный профиль [7].

Импеданс и динамическое согласование

Импеданс кожи (ZкожиZкожи) — комплексная величина, изменяющаяся в процессе прогрева из-за дегидратации, изменения кровотока и температуры. Для максимальной передачи энергии в нагрузку необходимо выполнение условия согласования: Zгенератора=Zнагрузки∗Zгенератора=Zнагрузки∗ (комплексно-сопряженное равенство).

Если система не отслеживает импеданс в реальном времени, возникает отраженная волна. Коэффициент отражения (ГГ) рассчитывается как:

$$\Gamma=Z\text{нагрузки}-Z\text{генератора}Z\text{нагрузки}+Z\text{генератора}\Gamma=Z\text{нагрузки}+Z\text{генератора}Z\text{нагрузки}-Z\text{генератора}$$

Отраженная энергия не только снижает КПД, но и, возвращаясь в генератор, перегружает выходные транзисторы, ускоряя их деградацию [8, с. 6]. В современном оборудовании российского и корейского производства применяются системы обратной связи, выполняющие до 1000 измерений импеданса в секунду и подстраивающие параметры выходного каскада. В бюджетных аналогах согласование часто статическое («под конкретную нагрузку»), что делает процедуру нестабильной.

Ультразвуковые системы высокой интенсивности (HIFU)

Рисунок 4. (HIFU)

Фокусировка и добротность акустического тракта

HIFU-технология основана на формировании зоны коагуляции на заданной глубине за счет фокусировки ультразвука. Интенсивность в фокусе (Iфок*I*фок) определяется акустической мощностью (Рак*P*ак) и площадью фокального пятна (Sфок*S*фок):

Iфок=РакSфок*I*фок=*S*фок*P*ак

Качество фокусировки напрямую зависит от добротности пьезокерамического преобразователя и точности фазировки элементов. При низкой механической добротности или неоднородности пьезокерамики фокус размывается, уменьшается пиковая плотность энергии. Вместо четкого коагуляционного столбика (точка некроза) создается обширная зона диффузного нагрева, что снижает эффективность лифтинга [9, с. 12].

Электромеханический КПД пьезоэлементов

Коэффициент полезного действия преобразования электрической энергии в механическую зависит от чистоты кристаллической структуры пьезокерамики, технологии поляризации и температуры эксплуатации.

Потери мощности (Рпот*P*пот) в пьезоэлементе можно оценить как:

Рпот=U2ωCtan⁡f_0δ*P*пот=*U*2*ω*Ctan*δ*

где UU – напряжение, ωω – круговая частота, CC – электрическая емкость элемента, tan⁡f_0δtanδ – тангенс угла диэлектрических потерь [3].

При низкой цене керамики и высоком tanδ подводимая энергия в заметной доле рассеивается внутри излучателя как тепло, а не переходит в ультразвуковое излучение. Отсюда два практических эффекта, акустическая мощность снижается, а манипула нагревается настолько, что в работе приходится делать паузы.

Нелинейные эффекты и кавитация

В предфокальной зоне нежелательное тепловое воздействие возникает из-за того, что высшие гармоники, обладая более высоким коэффициентом поглощения, поглощаются средой уже у поверхности [8]. Само явление связано с тем, что при акустических давлениях, необходимых для фокусировки, ткань перестает откликаться линейно и переходит к нелинейному режиму поведения. В ближнем поле спонтанная (неконтролируемая) кавитация служит признаком крайне нестабильного давления и низкого качества генерации, а с позиции безопасности подобное состояние недопустимо.

Переходные процессы и динамическая стабильность

Для качественных систем, где питание разведено надлежащим образом и предусмотрены демпфирующие цепи, переход к рабочему режиму завершается менее чем за 1 мкс (settling time). Упрощенные схемы выглядят иначе, фронт нередко «дребезжит», поэтому в первые микросекунды амплитуда либо заметно опережает номинал, либо, напротив, оказывается ниже него. Самые жесткие режимы для электронных компонентов возникают не только на фронте импульса, но и на его срезе, когда в колебательных контурах появляются выбросы напряжения и паразитные колебания (звон). При пульсациях, достигающих 10-15% от заданной мощности, формируются плохо прогнозируемые пиковые нагрузки на ткань [10, с. 1450].

Энергоэффективность и источники питания

Стабильность выходных показателей косметологического аппарата прежде всего задается надежностью базового источника питания. При колебаниях напряжения во входной сети импульсные блоки питания (SMPS), дополненные схемой активной коррекции коэффициента мощности (PFC), удерживают высоковольтные линии в стабильном режиме. Благодаря такому решению энергетический уровень каждого следующего импульса остается равным уровню предыдущего [2, с. 6].

Для недорогих источников питания характерны либо упрощенные трансформаторные схемы, либо импульсные блоки без коррекции. При просадках напряжения в сети на выходе появляется модуляция с частотой сети 50-100 Гц. Из-за просадок отдельные импульсы получают неодинаковую амплитуду, возникает «плавающая» мощность, а точность дозирования энергии оказывается крайне низкой.

Долговременная деградация параметров

Старение компонентов неизбежно, а скорость процесса у разных узлов разная. Среди причин такого ухудшения выделяют тепловые и электрические воздействия. Под действием повторяющихся циклов нагрева и охлаждения силовые транзисторы и пьезокерамика переходят в режим термоциклирования, а итогом становятся микротрещины в кристаллах и паяных соединениях. При высокой плотности тока в проводящих элементах развивается электромиграция; перемещение вещества повышает сопротивление и способно завершиться обрывом [2]. При нагреве излучателя

выше точки Кюри пьезокерамика частично либо полностью утрачивает способность к пьезоэффекту. Нарастание числа дефектов в гетероструктуре приводит к уменьшению квантовой эффективности, что выражается в деградации полупроводникового лазера.

Для устройств более высокого класса, где заранее предусмотрен запас по току и организовано качественное охлаждение, после 100-200 часов эксплуатации смещение рабочих характеристик на выходе не выходит за пределы 3-5%.

Совсем иначе выглядит картина у решений с ограниченным ресурсом компонентов, когда они вынужденно функционируют на пределе своих возможностей, нарастание ухудшения способно доходить до 20-30%. В практическом восприятии такое положение уже выглядит полным прекращением работы аппарата.

Обобщённая физическая модель надежности

В инженерной практике различие между надежностью и стабильностью можно описать через понятие инженерного запаса (derating). Для конденсатора, транзистора и лазерного диода речь идет о предельных эксплуатационных параметрах, заданных по электрическому току, уровню напряжения и температурному режиму [3].

Премиальный подход (РФ, Корея):

Рисунок 5. (РФ и Корея)

При подборе элементов ориентируются на запас по допускаемым режимам. Так, транзистор, рассчитанный на коммутацию 100 А, нагружают током 50-60 А. Его кристалл в рабочем состоянии удерживают в диапазоне 50-60°С, а верхний предел составляет 125°С. Для подобных условий характерны линейное поведение и минимальный износ.

Бюджетный подход (упрощенные китайские модели):

Рисунок 6. (Китай)

Когда узлы работают в зоне, близкой к границе допустимой нагрузки, примерно на 80–95% от максимального уровня, система выдает кратковременную высокую мощность. Однако такой режим сопровождается ускоренным тепловым разогревом, дрейфом рабочих параметров и последующим отказом.

Практическая интерпретация для клинической практики

Из описанной физической нестабильности вытекает клиническая картина с тремя проявлениями. Сначала утрачивается заданность результата, вместо ожидаемого удаления волос и уменьшения площади морщин конкретная процедура начинает работать по вероятностному сценарию, а исход сводится к формуле «повезет/не повезет». Затем растет число сеансов, когда в мишени недостаточна плотность энергии либо прогрев остается неустойчивым, нужный суммарный флюенс набирается лишь за 10-12 процедур, а не за 4-6, и потому экономический смысл покупки дешевого аппарата [2, с. 6], исчезает. Наконец, при неравномерном распределении поля «горячие точки», высокие гармоники и выбросы на фронтах становятся непосредственным источником термических повреждений, в том числе ожоги, гиперпигментация и рубцевание [2, с. 6].

Заключение

Спектральная чистота – способность оптической системы удерживать заданную длину волны с высокой точностью; подобное качество служит основой селективного фототермолиза. У приборов российского и корейского производства среднего и премиум-сегмента рабочий контур излучения заметно уже, чем у недорогих аналогов [5].

В RF-генераторах показатель THD ниже 1% критичен для обеспечения контролируемого объёмного прогрева дермы без риска перегрева эпидермиса [3, с. 14].

Акустический КПД, эффективность и безопасность HIFU-процедур напрямую зависят от качества пьезокерамики и точности фокусировки; добротность системы задаёт данные параметры.

Динамическая устойчивость, ускоренный контур обратной связи, ориентирующийся на показатели мощности и импеданса, без промедления

выравнивает изменения тканевых характеристик, а энергия подается строго дозировано.

В роли решающего критерия сопоставления устройств выступает не базовая конструктивная идея, а запас прочности узлов и деталей устройств и уровень производственной точности и исполнения; именно они задают темп постепенного ухудшения рабочих свойств и устойчивость характеристик на продолжительном интервале [2, с. 6].

Неодинаковый клинический результат оборудования объясняется вполне определёнными физическими причинами, они задают устойчивость, повторяемость и энергоэффективность при создании терапевтических полей. Потому при выборе аппарата ориентиром служат не заявленные пиковые значения мощности, а понимание физики процессов и инженерных решений, через чью работу реализуется данная физика.

Список литературы:

1. Приезжев, Александр Васильевич. Лазерная диагностика в биологии и медицине / А. В. Приезжев, В. В. Тучин, Л. П. Шубочкин. - Москва : Наука, 1989. - 237,[1] с. : ил.; 20 см. - (ПНТП).; ISBN 5-02-014049-X
2. Основы ультразвукового неразрушающего метода определения напряжений в твердых телах [Текст] : (Экспресс-информация) / АН УССР. Ин-т механики. Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. - Киев : Наукова думка, 1974. - 105 с. : ил.; 20 см.
3. Андерсон Р. Р., Парриш Дж. А. Селективный фототермолиз: точная микрохирургия пигментированных эпидермальных структур // Science. – 1983. – Т. 220, № 4596. – С. 524-527.
4. Тучин, Валерий Викторович. Оптика биологических тканей [Текст] : методы рассеяния света в медицинской диагностике / В. В. Тучин ; пер. с англ. В. Л. Дербова ; под ред. В. В. Тучина. - Москва : Физматлит, 2012. - 811 с., [6] л. цв. ил. : ил., табл.; 24 см.; ISBN 978-5-9221-1422-6
5. Васильев А. А. (канд. физ.-мат. наук) Медицинская и биологическая физика учебное пособие, [для 1 курса медицинского факультета] / А. А. Васильев; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Чувашский гос. ун-т им. И. Н. Ульянова". — Чебоксары : Изд-во Чувашского университета, 2013. — 311, [1] с. ил.; 20. — ISBN 978-5-7677-1742-2.
6. Ландау, Лев Давидович. Электродинамика сплошных сред [Текст] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - Москва : Физматгиз, 1959. - 532 с. : черт.; 23 см.
7. Козлов, Валентин Иванович. Лазеротерапия : С применением АЛТ "Мустанг" / В. И. Козлов, В. А. Буйлин. - Москва : Изд. система Б. С. Д. "Джь Дай", 1994. - 124 с. : ил.; 21 см.
8. Вестервельт П. Дж. Нелинейная акустика: фундаментальные основы и биомедицинские приложения // Journal of the Acoustical Society of America. – 2021. – Т. 150, № 3. – С. 1450-1472.

УДК 004.75:004.94

Колязов К. А., Скитяева А. Н.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНСИСТЕНТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В НЕСТАБИЛЬНЫХ СЕТЯХ

Аннотация: в статье предлагается формализованный гибридный метод обеспечения консистентности распределенных цифровых двойников, которые функционируют в условиях нестабильных сетей с переменным RTT, джиттером и потерями пакетов. Предлагаемый метод объединяет семантически типизированную модель состояния, упорядочение управляющих операций и окно стабильности (T-Window). Для агрегируемых полей применяются конфликтно-свободные типы данных (CRDT), гарантирующие автоматическую сходимость реплик; для управляющих команд используется механизм векторных часов и адаптивного подтверждения. Аналитически выводятся вероятность ложной фиксации команды и правило выбора параметров окна по целевой границе риска. Экспериментальная оценка в эмулированной среде демонстрирует снижение p95 command-latency по сравнению с консенсусной репликацией при сохранении инвариантов безопасности.

Ключевые слова: цифровой двойник, распределенные системы, CRDT, причинная согласованность, векторные часы, адаптивная синхронизация, edge computing.

1. Введение

Современные кибер-физические системы все чаще строятся вокруг цифровых двойников — вычислительных моделей, поддерживающих синхронизацию с физическим объектом на всех этапах его существования. Архитектура таких решений обычно включает компоненты edge, fog и cloud, а сам двойник существует как набор распределенных реплик [1]. Эти реплики обмениваются данными через каналы связи, где параметры качества обслуживания могут существенно меняться со временем.

Традиционные алгоритмы консенсуса вроде Paxos и Raft гарантируют строгую линейную согласованность, однако при высоких колебаниях задержек и потере пакетов их производительность падает значительно [3], [5]. Системы класса AP (Dynamo, Bayou) сохраняют доступность, но перекладывают разрешение семантических конфликтов на прикладной уровень [4]. Работа с цифровыми двойниками дополнительно осложняется разнородностью данных: управляющие команды требуют жесткого порядка и атомарности исполнения, тогда как телеметрические данные допускают ослабленную согласованность. Существующие подходы не покрывают весь этот спектр требований одновременно, что и определяет практическую значимость данного исследования.

2. Анализ подходов и формальная модель

Среди методов обеспечения согласованности особого внимания заслуживают CRDT — конфликтно-свободные реплицируемые типы данных, где обновления в любом порядке приводят к идентичному состоянию на всех репликах без дополнительной координации [6], [7]. Такой подход хорошо подходит для агрегируемых полей телеметрии. Причинная согласованность (COPS) гарантирует соблюдение отношения happened-before при параллельном выполнении независимых операций, что обеспечивает компромисс между строгостью и доступностью.

В работе принята асинхронная модель сети: задержка доставки описывается распределением с математическим ожиданием μ = RTT, стандартным отклонением σ и вероятностью потери $p_{loss} \in [0, 1)$. Состояние цифрового двойника представлено как S = $S_C \cup S_A$, где S_C — командные поля с детерминированным порядком исполнения, S_A — агрегируемые поля с операцией слияния, обладающей свойствами коммутативности, ассоциативности и идемпотентности. Упорядочение событий строится на отношении happened-before Лампорта; для практической реализации используются векторные часы на каждом узле [6].

3. Гибридный метод синхронизации реплик

Предлагаемый метод объединяет три компонента: CRDT-слой для агрегируемых полей, механизм причинного упорядочения команд на базе векторных часов и адаптивное окно стабильности T-Window. Выбор между state-based и operation-based CRDT определяется частотой обновлений конкретного поля [7]: первые передают полное состояние периодически, вторые распространяют только операции, что эффективнее при высокой интенсивности изменений.

Для управляющих команд вводится окно терпимости T, рассчитываемое по формуле:

T = α × (RTT + k × σ_{RTT}),

где α ∈ [1.0, 2.0], k ∈ [1.0, 2.5] — эмпирически подбираемые коэффициенты. При типовых промышленных параметрах (RTT = 100 мс, σ_{RTT}= 40 мс, α = 1.2, k = 1.5) окно составляет 192 мс, что укладывается в допустимый предел задержки для управляющих команд. Значения RTT и σ_{RTT}оцениваются на основе HEARTBEAT-сообщений и обновляются адаптивно — при улучшении качества канала окно автоматически сокращается.

Сообщения с командами снабжаются снимком векторных часов отправителя; получатель применяет команду лишь при выполнении условия причинной доставки, в противном случае буферизует её до поступления недостающих зависимостей. Для критичных сообщений применяется агрессивная политика ARQ с сокращенными тайм-аутами и опциональная прямая коррекция ошибок FEC [8].

При аппроксимации распределения задержки нормальным законом вероятность ложной фиксации команды определяется как:

$$P\{\text{delivery after T}\} \approx 1 - \Phi((\alpha - 1) \times \frac{\sigma_{RTT}}{RTT} + \alpha k),$$

где Φ — функция стандартного нормального распределения. Вероятность убывает при росте α и k, а также при уменьшении коэффициента вариации задержки. Накладные расходы на трафик при типовых параметрах составляют около 1.1 Кбайт/с с узла — нагрузка незначительная даже для каналов с ограниченной пропускной способностью.

4. Практическая реализация и результаты

Целевой сценарий — промышленная линия умного производства с трёхуровневой архитектурой: облачный агрегатор, fog-узлы координации и edge-контроллеры для сопряжения с оборудованием [1], [2]. Сбор данных организован через MQTT; сериализация сообщений — Protocol Buffers. Моделирование проводилось в среде NS-3/Mininet на конфигурации из 10 edge-узлов, 2 fog-агрегаторов и 1 облачного узла с параметрами каналов, соответствующими промышленным беспроводным сетям IEEE 802.15.4 и WirelessHART [9], [10].

В сравнении с базовым сценарием на Raft предлагаемый метод исключает глобальный консенсус для телеметрических данных и устраняет зависимость от тайм-аутов переизбрания лидера: при p_{loss} > 1% и σ_RTT > 30 мс задержки Raft резко возрастают, тогда как гибридный метод удерживает command-latency в пределах T. По сравнению с Dynamo/Bayou метод автоматически разрешает конфликты для CRDT-данных (strong eventual consistency), освобождая разработчика от написания сложной логики слияния.

Среди выявленных ограничений: семантическая неприменимость CRDT к операциям резервирования уникальных ресурсов с внешними эффектами; чувствительность к настройке коэффициентов T-Window при резкой смене профиля сети; невозможность безопасного исполнения команд с глобальными эффектами при длительных сетевых разделениях. Последующие исследования целесообразно направить на самоадаптирующийся T-Window на основе обучения с подкреплением, переход к Delta-CRDT и формальную верификацию свойств безопасности методами SPIN или TLA+.

Заключение

Разработанный гибридный метод обеспечивает причинную корректность для управляющих команд и автоматическую сходимость агрегируемых полей за счёт CRDT, удерживая задержку команд в пределах 200 мс при типовых промышленных условиях. Накладные расходы на трафик не превышают 5% при использовании TCP с selective ARQ и FEC [8]. Основной вывод: попытка навязать единую модель консистентности всем типам данных цифрового двойника неизбежно приводит к избыточной сложности или неоправданным компромиссам в производительности — гибридный подход позволяет обеспечить согласованность именно там, где это действительно необходимо.

Список литературы:

1. Денисов С.Г. Влияние трендов облачных технологий и периферийных вычислений на технологии цифровых двойников // Бюллетень инновационных технологий. – 2023. – Т. 7, № 3(27). – С. 9–13.

2. Антонова В.М., Маликова Е.Е., Панов А.Е., Спичек И.В., Маликов А.Ю. Реализация технологии IoT для мониторинга данных через облачный сервис // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 46–53.

3. Бабенко А.Г. Научные, технологические и иные аспекты цифровизации производственных процессов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 4. – С. 90–100.

4. Миронов Е.В., Журавлев А.И. Репликация данных в эпоху больших данных и облачных технологий // Наукосфера. – 2024. – № 6-2. – С. 336–340.

5. Данилов А.Д., Саввин М.О., Карачевцев А.Е. Энергичные методы и протоколы репликации в распределенных системах и средах // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 67–71.

6. Таран Д.Н., Петросян Л.Э. Сравнительный анализ методов синхронизации в распределённых системах хранения данных // Наука и образование: сборник научных докладов XVIII Международной научной конференции. – Кемерово: КемГУ, 2026. – С. 143–146.

7. Иваницкий Д.А., Арапов Д.Е. Использование CRDT (Conflict-Free Replicated Datatypes) для обеспечения согласованности данных в оффлайн-режиме // Моя профессиональная карьера. – 2025. – Т. 2, № 72. – С. 165–170.

8. Пименов В.М., Соколов Е.В., Кобец А.Л. Способы увеличения производительности алгоритмов для отказоустойчивых систем хранения данных // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2007. – Т. 5, вып. 1. – С. 33–39.

9. Сергушев А.Г. Исследование стандарта IEEE 802.15.4 для построения беспроводных сенсорных сетей систем мониторинга промышленных объектов // Научные труды SWorld. – 2013. – Т. 8, № 4. – С. 25–28.

10. Якушев И.Ю. Разработка беспроводной сети стандарта IEEE 802.15.4 для распределенной системы сбора данных // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2014. – Т. 14, № 5. – С. 174–177.

УДК 681.518.3

Денисова О. А., Решетникова В. Д.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ БЛОКА ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ

Аннотация. Химическая водоподготовка (ХВП) является ключевым звеном технологической цепочки на теплоэнергетических и нефтеперерабатывающих предприятиях. Ужесточение требований к качеству подпиточной и питательной воды, а также к промышленной и экологической безопасности обуславливает необходимость комплексной автоматизации блоков ХВП. Одновременно усиливается курс на импортозамещение программно-технических средств автоматизации, что требует перехода на отечественные программируемые логические контроллеры и SCADA-системы. В работе рассматривается концепция построения локальной системы управления (ЛСУ) блока ХВП на базе отечественного программно-технического комплекса, описываются её уровни и функциональная структура. Особое внимание уделяется составу и роли проектной и эксплуатационной документации (ведомостей сигналов, схем подключения каналов к модулям ввода-вывода, функционального и программного описания ЛСУ) как формального основания для дальнейшей модернизации системы и построения цифровых моделей. Показано, что корректно оформленная документация по ГОСТ 34 серии обеспечивает трассируемость сигналов, воспроизводимость решений и снижает риски при эксплуатации и развитии автоматизированной системы ХВП в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: химическая водоподготовка; блок ХВП; локальная система управления; программно-технический комплекс; отечественный ПЛК; SCADA-система; ведомость сигналов; схема подключения; документация АСУ ТП; импортозамещение.

Блоки химической водоподготовки входят в состав большинства теплоэнергетических, нефтеперерабатывающих и химико-технологических предприятий и предназначены для доведения качества воды до показателей, регламентированных отраслевыми нормативами и стандартами [1–3]. Нарушение водно-химического режима приводит к интенсификации коррозии, накипеобразованию, снижению теплопередачи и ресурса основного оборудования, что подтверждается эксплуатационным опытом тепловых электростанций и котельных [1, 2].

Современный блок ХВП представляет собой сложный многосвязный объект, включающий узлы механической очистки исходной воды, коагуляции и осветления, ионообменного или мембранного обессоливания, деаэрации, реагентного хозяйства и вспомогательные насосные станции [1, 3, 20]. Управление таким комплексом в ручном режиме оказывается малоэффективным и рискованным: возрастает вероятность ошибок оператора,

усложняется обеспечение требуемых режимов работы, увеличиваются эксплуатационные затраты.

Дополнительным фактором, определяющим развитие систем автоматизации ХВП в России, является политика импортозамещения. Уход с рынка ряда зарубежных производителей контроллеров и SCADA-систем, а также ограничение доступа к обновлениям и сервисной поддержке привели к необходимости перехода на отечественные программно-технические комплексы (ПТК) при сохранении сопоставимой функциональности и надёжности [4–6].

В этих условиях актуальной задачей является разработка локальной системы управления блоком ХВП на базе отечественного ПЛК и российской SCADA-платформы, сопровождаемая полным комплектом проектной и эксплуатационной документации по ГОСТ 34.201–2020, обеспечивающей трассируемость сигналов и воспроизводимость принятых технических решений.

Цель статьи – теоретически обосновать структуру локальной системы управления блока химической водоподготовки, реализуемой на основе отечественного программно-технического комплекса, и показать роль специализированной документации (ведомостей сигналов, схем подключения, функциональных и программных описаний) в обеспечении надёжной работы системы и подготовке её к дальнейшей цифровизации.

1. Роль блока химической водоподготовки и требования к его автоматизации

Основной задачей блока ХВП является обеспечение заданного качества подпиточной и питательной воды для теплотехнических и технологических потребителей. Для энергетических объектов критическими являются показатели солесодержания, щёлочности, содержания растворённого кислорода и кремниевой кислоты, для технологических установок дополнительно нормируются мутность, цветность, жёсткость и ряд специфических загрязнителей [1–3, 16].

Нарушение водно-химического режима приводит к ускоренному износу пароводяного тракта, росту частоты отказов арматуры и теплообменного оборудования, увеличению удельного расхода топлива и, как следствие, к снижению экономичности производства [1, 2]. Для предотвращения таких последствий необходимо:

- осуществлять непрерывный контроль большого числа параметров (расход, давление, уровни, электропроводность, pH, содержание растворённого кислорода и др.);
- реализовывать автоматическое регулирование режимов на каждой ступени обработки;
- обеспечивать координацию работы подсистем ХВП в составе единого технологического комплекса;

- вести архивы параметров и событий для анализа причин нарушений режима;
- выполнять требования промышленной, пожарной и экологической безопасности.

Особую роль в технологической схеме ХВП играет реагентное хозяйство (коагулянт, флокулянт, щёлочь, корректирующие добавки). Недостаточная подача реагента приводит к ухудшению осветления и увеличению нагрузки на последующие ступени очистки; перерасход – к росту эксплуатационных затрат и возможному превышению допустимых концентраций реагентов в сбросах [3, 24]. Поэтому узлы приготовления и дозирования реагентов относятся к приоритетным объектам автоматизации.

Исходя из перечисленных факторов, к ЛСУ блока ХВП предъявляются требования:

- поддержание автоматических режимов работы всех ключевых подсистем;
- обеспечение дистанционного управления с единого операторского рабочего места;
- наличие встроенных систем сигнализации, защит и самодиагностики;
- возможность интеграции в общезаводскую АСУ ТП и верхний уровень диспетчерского управления.

2. Структура локальной системы управления блока ХВП

ЛСУ блока химической водоподготовки проектируется как трёхуровневый программно-технический комплекс [7, 8]:

- Нижний (полевой) уровень – датчики технологических параметров, сигнализаторы, исполнительные механизмы (насосы, задвижки, клапаны, мешалки), шкафы местного управления.
- Средний уровень – программируемый логический контроллер отечественного производства с модульной структурой (центральный процессор, модули дискретного и аналогового ввода-вывода). На нём реализуются алгоритмы логического и регуляторного управления, выполняется первичная обработка сигналов и формирование команд исполнительным механизмам.
- Верхний уровень – операторские и инженерные рабочие станции на базе промышленного компьютера с установленной SCADA-платформой Alpha.Platform. Здесь выполняются функции визуализации, архивирования, формирования отчётов, настройки параметров и диагностики.

В качестве контроллера применяются модульные отечественные ПЛК класса R500, обеспечивающие необходимое количество каналов ввода-вывода, поддержку стандартных интерфейсов связи и языков программирования МЭК 61131-3 [7].

SCADA-платформа Alpha.Platform (подсистема Alpha.SCADA) предназначена для построения распределённых систем оперативно-

диспетчерского управления и поддерживает конфигурации с большим числом тегов, резервированием серверов, web-доступом и развитой системой разграничения прав [8, 26]. Она включает сервер реального времени, хранилище исторических данных и средства разработки мнемосхем и экранных форм.

Функциональная структура ЛСУ описывается в документе «Описание функциональной структуры» (условно П3), где выделяются подсистемы: подготовка исходной воды, осветление и фильтрация, ионообменная очистка, деаэрация, реагентное хозяйство и др. Для каждой подсистемы формулируются цели автоматизации (обеспечение качества воды, защита оборудования, поддержание расхода и уровня и т.п.) и реализуемые функции (автоматическое управление агрегатами, блокировки, сигнализация, диагностика) [8].

На рисунке 1 целесообразно показать распределение функций по уровням и основные информационные потоки между ними.

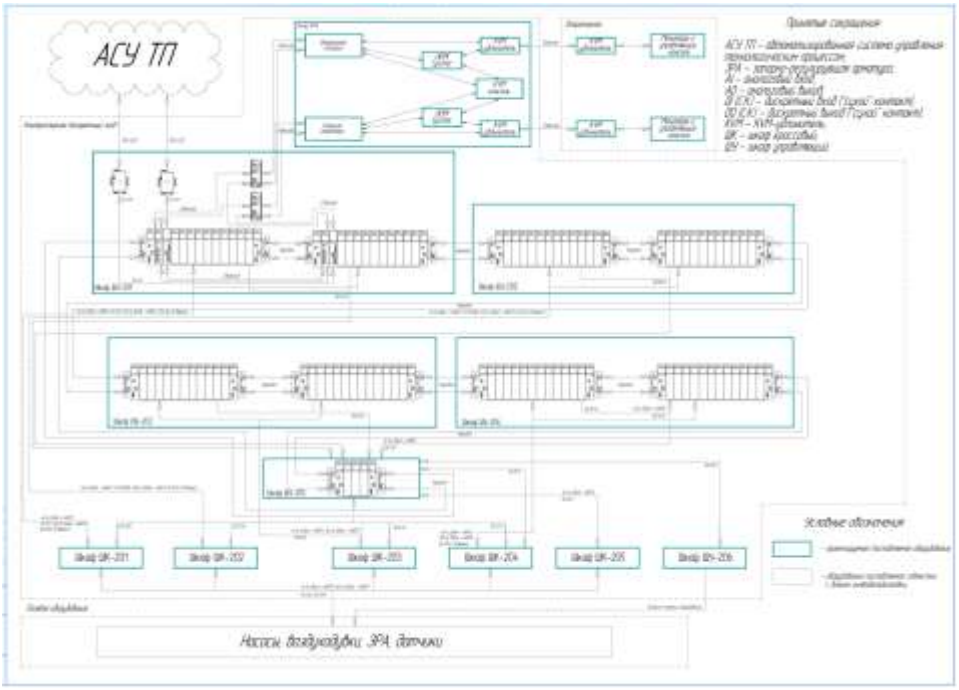


Рисунок 1 – Структурная схема ЛСУ

3. Документация ЛСУ как основа формализации объекта управления

Существенным отличием рассматриваемой системы является наличие полного комплекта документов на программно-технический комплекс и программное обеспечение в соответствии с требованиями ГОСТ 34 серии [9]. Наличие такой документации позволяет однозначно описать состав и структуру ЛСУ, обеспечить трассируемость сигналов и алгоритмов и снизить риски при эксплуатации и модернизации системы.

3.1. Ведомости сигналов

Ведомость сигналов (условно В1) содержит полный перечень входных и выходных сигналов ЛСУ с указанием: технологического обозначения, наименования, типа (аналоговый/дискретный), диапазона измерения, единиц измерения, принадлежности к подсистеме, местоположения датчика или исполнительного механизма и особенностей обработки [9].

Дополнительные ведомости (В2, В4) уточняют характеристики сигналов, связывая их с логическими переменными программного обеспечения ПЛК и тегами SCADA-системы, а также указывают привязку к мнемосхемам и экранным элементам. В результате для каждого сигнала обеспечивается однозначная цепочка «объект – датчик – канал ввода/вывода – переменная контроллера – тег SCADA – элемент интерфейса».

3.2. Схемы подключения сигналов

Схемы подключения (документ С6) представляют собой графические листы, на которых отображаются шкафы управления, клеммные соединения и модули ввода-вывода ПЛК. Для каждого сигнала указываются марка кабеля, клеммные номера, тип модуля, номер канала и направление сигнала (вход/выход).

Такие схемы являются основным инструментом при монтажных и пусконаладочных работах, а также при последующей эксплуатации: по ним инженер может быстро локализовать неисправность, оценить возможность подключения дополнительных сигналов, спланировать замену модулей и расширение системы.

3.3. Функциональное и программное описание ЛСУ

Функциональное описание ЛСУ (П3, ПБ) содержит логические алгоритмы работы оборудования, последовательности пуска и останова, условия срабатывания блокировок и защит, структуру регуляторов и уставок. Документ, как правило, сопровождается функциональными схемами автоматизации и диаграммами переходов между режимами.

Программное описание ПТК верхнего уровня (ПА) детализирует структуру проекта SCADA-системы: состав серверов и клиентов, конфигурацию каналов связи, структуру базы тегов, построение мнемосхем и экранных форм, организацию архивов и журналов, параметры тревог и сообщений, настройки учётных записей пользователей [11].

Руководство оператора (И2) описывает правила работы с программным обеспечением: запуск и завершение проектов, навигацию по мнемосхемам, приём и квитирование сигналов аварийной и предупредительной сигнализации, использование трендов и отчётов [9].

Наконец, эксплуатационная документация (ИЭ, ПФ) определяет порядок ввода системы в эксплуатацию, регламент пусконаладочных работ, периодичность профилактических проверок, требования к квалификации персонала и условия эксплуатации программно-технического комплекса [10].

Совокупность перечисленных документов образует формализованную информационную модель ЛСУ блока ХВП. Наличие такой модели существенно облегчает сопровождение системы, упрощает передачу проекта между организациями, а также создаёт основу для дальнейшего построения цифровых двойников и компьютерно-тренажёрных комплексов, поскольку все сигналы, параметры и алгоритмы уже описаны и структурированы.

4. Импортозамещение программно-технических средств в системах ХВП

В отечественной литературе отмечается, что российские программируемые логические контроллеры по ряду параметров уже сопоставимы с зарубежными аналогами: обеспечивают достаточную производительность, устойчивость к внешним воздействиям, развитые коммуникационные возможности и поддержку стандартных языков программирования [4, 5].

Одновременно развивается рынок российских SCADA-систем, среди которых выделяются MasterSCADA, TRACE MODE, Alpha.Platform и другие решения [6, 18]. Alpha.Platform входит в Единый реестр российского программного обеспечения и подтверждает совместимость с отечественными операционными системами и СУБД [26].

Применение отечественного ПТК в ЛСУ блока ХВП позволяет:

- снизить зависимость от импортных поставок и лицензионной политики зарубежных вендоров;
- обеспечить соответствие требованиям государственных программ импортозамещения;
- упростить вопросы информационной безопасности и сертификации;
- получить техническую поддержку и документацию на русском языке;
- адаптировать систему к специфике отечественных энергетических и промышленных объектов.

Для блока ХВП это особенно важно, поскольку от надёжности системы автоматизации напрямую зависят безопасность производства и соблюдение экологических нормативов.

Заключение

В статье рассмотрен теоретический подход к построению локальной системы управления блоком химической водоподготовки на базе отечественного программно-технического комплекса и показана ключевая роль проектной и эксплуатационной документации в жизненном цикле такой системы.

Сделаны следующие выводы:

Блок ХВП является критически важным объектом автоматизации, от которого зависит надёжность и экономичность работы основного технологического оборудования. Усложнение технологических схем и

ужесточение требований к качеству воды требуют комплексной автоматизации всех подсистем блока, включая реагентное хозяйство.

Иерархическая структура ЛСУ, реализованная на основе отечественного ПЛК и SCADA-платформы Alpha.Platform, обеспечивает автоматизацию объектов ХВП, централизованный мониторинг и диагностику, а также интеграцию с верхними уровнями управления предприятия.

Разработка полного комплекта документации (ведомостей сигналов, схем подключения, функциональных и программных описаний, эксплуатационных руководств) по ГОСТ 34 серии формирует формализованную информационную модель системы, повышает трассируемость сигналов и алгоритмов, упрощает сопровождение и модернизацию ЛСУ.

Использование отечественного программно-технического комплекса соответствует курсу на импортозамещение и обеспечивает технологическую независимость автоматизированной системы водоподготовки при сохранении требуемой функциональности и надёжности.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка на основе сформированной документированной модели цифрового двойника отдельных подсистем блока ХВП и создание компьютерно-тренажёрного комплекса оператора, использующего те же сигналы, алгоритмы и интерфейсы, что и действующая локальная система управления.

Список литературы:

1. Водоподготовка и водно-химические режимы в теплоэнергетике учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Омский государственный технический университет"; Э. П. Гужулев [и др.], редактор: К.В. Муковоз. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12. — ISBN 978-5-8149-2864-1.

2. Гужулев Э.П., Шалай В.В., Гриценко В.И., Таран М.А. Водоподготовка и водно-химические режимы в теплоэнергетике: учеб. пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2003.

3. Чиж, В. А., Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС [Текст] : учебное пособие для студентов / В. А. Чиж , Н. Б. Карницкий, А. В. Нерезько. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - 350, [1] с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-985-06-1877-1.

4. Нестеренко П.Г. Программируемые логические контроллеры в России: реальность и перспективы // Интеллектуальные технологии. – 2008. – Т. 1. – № 11. – С. 6–12.

5. Щербаков Константин Сергеевич, Щербаков Сергей Андреевич, Кочегуров Александр Иванович Разработка встроенного программного обеспечения для программируемых логических контроллеров, используемых в области промышленной автоматизации // Известия ТПУ. 2009. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-vstroennogo-programmnogo-obespecheniya-dlya-programmiruemyh-logicheskih-kontrollerov-ispolzuemyh-v-oblasti-promyshlennoy

6. Гурьев С.В. Обзор отечественных SCADA-систем для АСУ ТП // Сборник трудов научно-практической конференции. – 2017. – С. 318–322.

7. Обзор отечественных ПЛК // Control Engineering Россия. – 2022. – № 2(98). – С. 24–39.

8. Atomic Soft: Alpha.Platform – российская SCADA-платформа для оперативно-диспетчерского управления [Электронный ресурс]. URL: TAdviser – портал «Российское ПО» (дата обращения: 10.12.2025).

9. ГОСТ 34.201-2020. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

УДК 004.8:658.5

Курбатова М. А., Ужахов Н. Л.
МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к построению аналитического комплекса для оптимизации производственных бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Особое внимание уделяется архитектуре аналитической системы, методам обработки данных и применению алгоритмов машинного обучения для повышения качества продукции. Предложена многоуровневая модель аналитического комплекса, включающая сбор, обработку и визуализацию данных. Проведён анализ эффективности применения методов линейной регрессии и деревьев решений. Полученные результаты демонстрируют возможность снижения уровня дефектов за счёт оптимизации параметров производственного процесса.

Ключевые слова: аналитический комплекс, производственные процессы, машинное обучение, линейная регрессия, дерево решений, оптимизация, качество продукции, бизнес-аналитика, цифровизация.

В условиях цифровой трансформации экономики предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности управления производственными процессами. Рост объёмов данных, усложнение технологических цепочек и усиление конкуренции требуют внедрения интеллектуальных систем, обеспечивающих поддержку принятия управленческих решений на основе анализа данных.

Современные аналитические комплексы позволяют интегрировать данные из различных источников и формировать на их основе обоснованные управленческие решения. Важным элементом таких систем является применение методов машинного обучения, позволяющих выявлять скрытые закономерности и прогнозировать поведение производственных процессов.

Целью исследования является разработка аналитического комплекса для оптимизации производственных процессов за счёт выявления зависимостей между технологическими параметрами и качеством продукции, а также определения оптимальных режимов работы оборудования.

Эффективное управление производственными процессами требует формализации целей, направленных на повышение качества продукции и снижение уровня дефектов. В рамках исследования рассматривается задача минимизации брака как одного из ключевых показателей эффективности производства. Целевая модель управления производственным процессом представлена на Рисунке 1.

Рисунок 1. Задачи для управления процессами производства

Представленная модель отражает взаимосвязь между целевыми ориентирами и аналитическими задачами, направленными на выявление влияния технологических параметров на качество продукции. Это позволяет перейти к управлению на основе данных.

Построение аналитического комплекса осуществляется на основе многоуровневой архитектуры, обеспечивающей полный цикл обработки данных — от их сбора до визуализации результатов анализа [1]. Концептуальная архитектура аналитического комплекса представлена на Рисунке 2.

Рисунок 2. Архитектура аналитического комплекса на основе MES-системы

Данная архитектура включает уровень сбора данных, уровень аналитической обработки и уровень представления информации. Такой подход обеспечивает интеграцию различных источников данных и их последующую трансформацию в аналитическую информацию.

Ключевым элементом аналитического комплекса является автоматизация обработки данных с использованием методов машинного обучения. Это позволяет выявлять зависимости между параметрами производственного процесса и качеством продукции.

Для анализа производственных показателей были отобраны методы, имеющие высокую прогностическую способность с интерпретируемостью результатов. Каждый из алгоритмов ориентирован на определенный тип задач: от кластеризации параметров производства до прогнозирования оптимальных

режимов работы оборудования. Отобранные алгоритмы представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Выбранные алгоритмы Machine Learning для решения поставленных задач

Задачи	**Алгоритмы Machine Learning**	**Ожидаемый результат**
Задача 1 (температура и брак)	Линейная регрессия	Диаграмма рассеивания, которая покажет, насколько рост температуры увеличивает брак
Задача 2 (скорость линии и качество)	Decision tree learning	Выявление критических точек на каждом уровне проверки условий

Линейная регрессия представляет собой статистический метод машинного обучения, используемый для моделирования зависимости между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными путём построения линейной функции [2]. Модель позволяет количественно оценить степень влияния факторов на результирующий показатель, а также прогнозировать его значения при изменении входных параметров. Благодаря своей интерпретируемости и наглядности, линейная регрессия широко применяется для анализа производственных процессов, в частности для выявления влияния технологических параметров на уровень дефектной продукции. Дерево решений (Decision Tree) представляет собой метод машинного обучения, используемый для решения задач классификации и регрессии, основанный на последовательном разбиении исходного набора данных по заданным условиям [3]. Модель имеет иерархическую структуру, в которой каждый внутренний узел соответствует проверке значения одного из признаков, ветви отражают возможные исходы этого условия, а конечные узлы содержат результат прогнозирования.

Модель, построенная в KNIME Analytics Platform [4], предназначена для анализа зависимости уровня брака от температуры на основе предоставленного тестового набора данных, представлена на Рисунке 3.

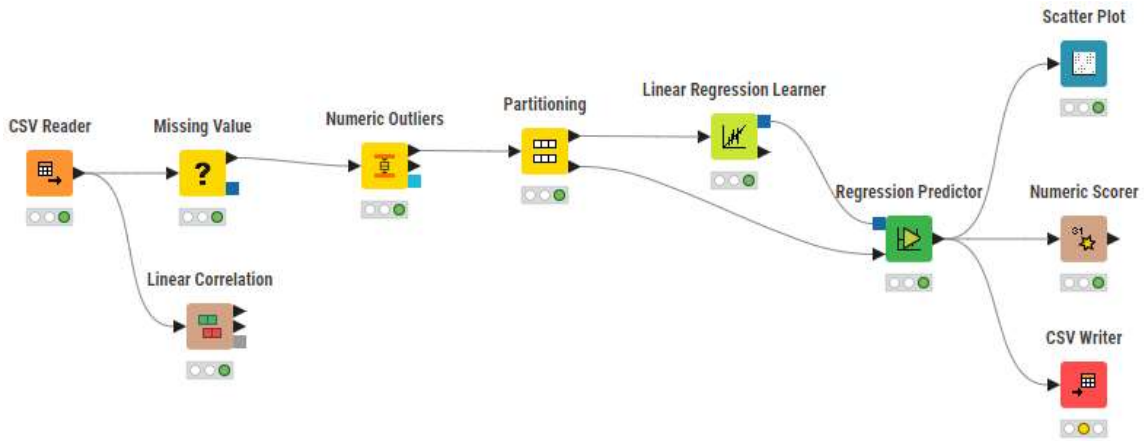


Рисунок 3. Модель для первой задачи

Описание использующихся узлов и их роль представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Описание модели для первой задачи

Компонент	Описание	Роль в анализе
CSV Reader	Загружает CSV-файл с данными (дата, температура, уровень брака)	Импорт данных для дальнейшей обработки
Missing Value	Проверяет и обрабатывает пропущенные значения (замена медианным значением)	Обеспечивает целостность данных
Numeric Outliers	Обнаруживает и корректирует аномальные значения температуры и брака	Уменьшает влияние выбросов на модель
Partitioning	Разделяет данные на обучающую (70%) и тестовую (30%) выборки	Подготовка данных для обучения и валидации модели
Linear Regression Learner	Обучает модель линейной регрессии: defect_rate ~ temperature_c	Устанавливает зависимость уровня брака от температуры
Regression Predictor	Применяет модель к тестовым данным, предсказывая уровень брака	Оценка качества прогноза на новых данных
Numeric Scorer	Оценка качества построенной модели	Измерение точности модели
Linear Correlation	Вычисляет корреляцию Пирсона между температурой и браком	Подтверждает силу и направление линейной связи

Модель линейной регрессии показала высокую точность в прогнозировании брака на основе температуры (см. Рисунок 4). Результаты моделирования показывают наличие выраженной зависимости между температурным режимом и уровнем брака, что позволяет использовать данный параметр для управления качеством продукции.

R²:	0,814
Mean absolute error:	0,581
Mean squared error:	0,556
Root mean squared error:	0,746
Mean signed difference:	-0,028
Mean absolute percentage error:	0,064
Adjusted R²:	0,814

Рисунок 4. Вывод Numeric Scorer

Модель объясняет 81.4% дисперсии брака, что является отличным результатом (>0.7 считается сильной зависимостью). $R^2 = 0.814$ означает, что температура действительно сильно влияет на брак (но 18.6% вариаций обусловлены другими факторами — возможно, давление или качество сырья) [5].

Adjusted R^2, равный 0.814, подтверждает, что высокий R^2 не следствие избыточных предикторов. MAE, средняя ошибка прогноза, — ±0.58% брака. Для производства это допустимо (например, если брак в диапазоне до 5%).

RMSE учитывает крупные ошибки, разница с MAE небольшая, значит — выбросы минимальны [5].

Перейдем ко второй модели, построенной в KNIME Analytics Platform, и предназначенной для выявления взаимосвязи между скоростью производственной линии и количеством дефектов продукции. Модель обрабатывает датасет, содержащий 500 записей с такими параметрами, как скорость линии в метрах в минуту, количество дефектов, тип материала, идентификатор оператора и время смены. (см. Рисунке 5).

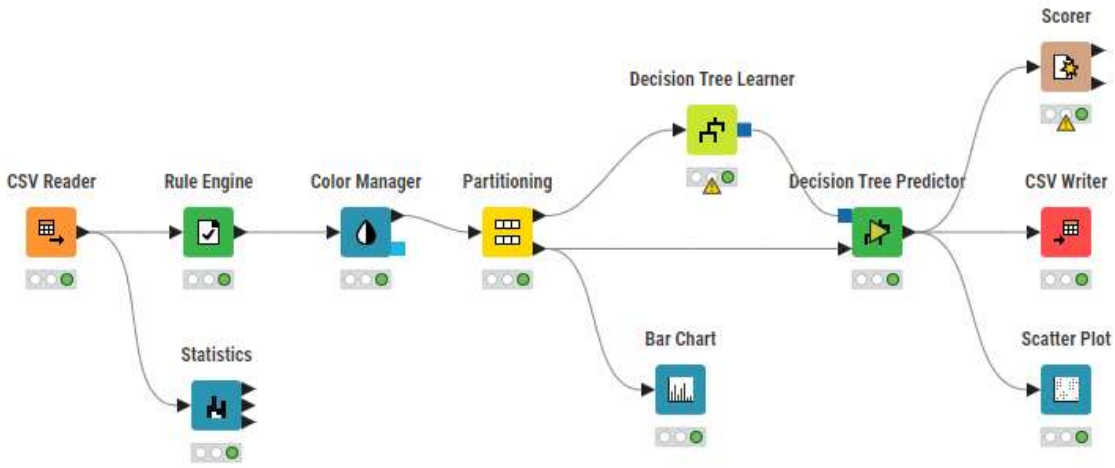


Рисунок 5. Модель для второй задачи

Описание использующихся узлов и их роль приведено в Таблице 3.

Таблица 3. Описание модели для второй задачи

Компонент	**Описание**	**Роль в анализе**
CSV Reader	Считывает данные из CSV-файла	Импортирует исходные данные для анализа
Rule Engine	Позволяет применять пользовательские правила к данным	Используется для предварительной обработки данных
Color Manager	Управляет цветовым оформлением данных	Визуализирует данные, помогая выделить важные закономерности или категории
Partitioning	Разделяет данные на обучающую и тестовую выборки	Подготавливает данные для обучения модели
Decision Tree Learner	Обучает модель дерева решений	Выявляет ключевые факторы, влияющие на количество дефектов, и определяет пороговые значения
Decision Tree Predictor	Применяет обученную модель к данным	Прогнозирует количество дефектов для новых данных на основе выявленных закономерностей

CSV Writer	Записывает результаты в CSV-файл	Сохраняет результаты анализа
Statistics	Вычисляет статистические показатели	Анализирует распределение данных, выявляет аномалии и основные тенденции
Bar Chart	Создает столбчатую диаграмму	Визуализирует распределение данных по категориям
Scatter Plot	Создает диаграмму рассеяния	Показывает взаимосвязь между переменными

Матрица ошибок для демонстрации эффективности классификационной модели приведена на Рисунке 6. В данном случае модель продемонстрировала безупречную работу на предоставленных данных — все 149 случаев были классифицированы правильно. Модель безошибочно определила 97 случаев с низким уровнем дефектов (категория "low") и 52 случая с высоким уровнем дефектов (категория "high").

Отсутствие ложноположительных и ложноотрицательных результатов указывает на идеальную точность модели в рамках данного набора данных.

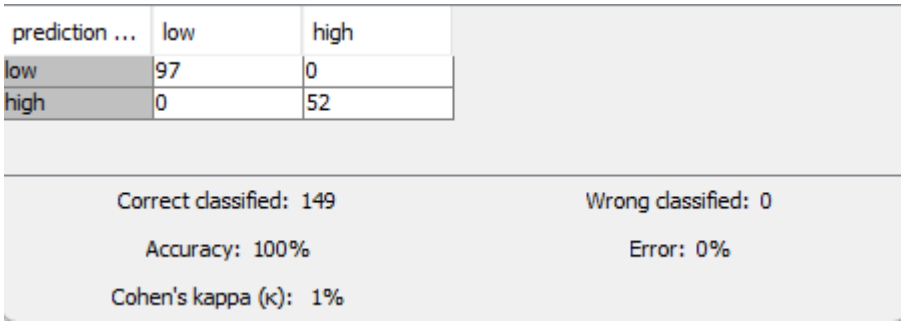


Рисунок 6. Вывод "Scorer"

Визуализация дерева решений, демонстрирующая логику классификации данных на категории "low" (низкий уровень дефектов) и "high" (высокий уровень дефектов) [6], представлена на Рисунке 7.

Модель использует два ключевых параметра для принятия решений: количество дефектов (defect_count) и скорость производственной линии (line_speed_m_min). Исходные данные содержат 347 наблюдений, из которых 65% отнесены к категории "low" и 35% к "high". Первое разделение происходит по скорости производственной линии. При скорости ниже определенного порога 223 из 226 случаев классифицируются как "low", при этом лишь 3 наблюдения ошибочно попадают в эту категорию. Дальнейшее разделение по количеству дефектов показывает, что при defect_count ≤ 100 все 223 случая действительно относятся к "low", а оставшиеся 3 случая с большим числом дефектов корректно классифицируются как "high".

Для наблюдений с более высокой скоростью линии картина иная: 118 из 121 случая правильно идентифицируются как "high", а 3 случая с аномально низким количеством дефектов (≤99) попадают в категорию "low". Интересно,

что пороговое значение дефектов для высокой скорости линии составляет 99, что на единицу меньше аналогичного порога для низкоскоростного режима.

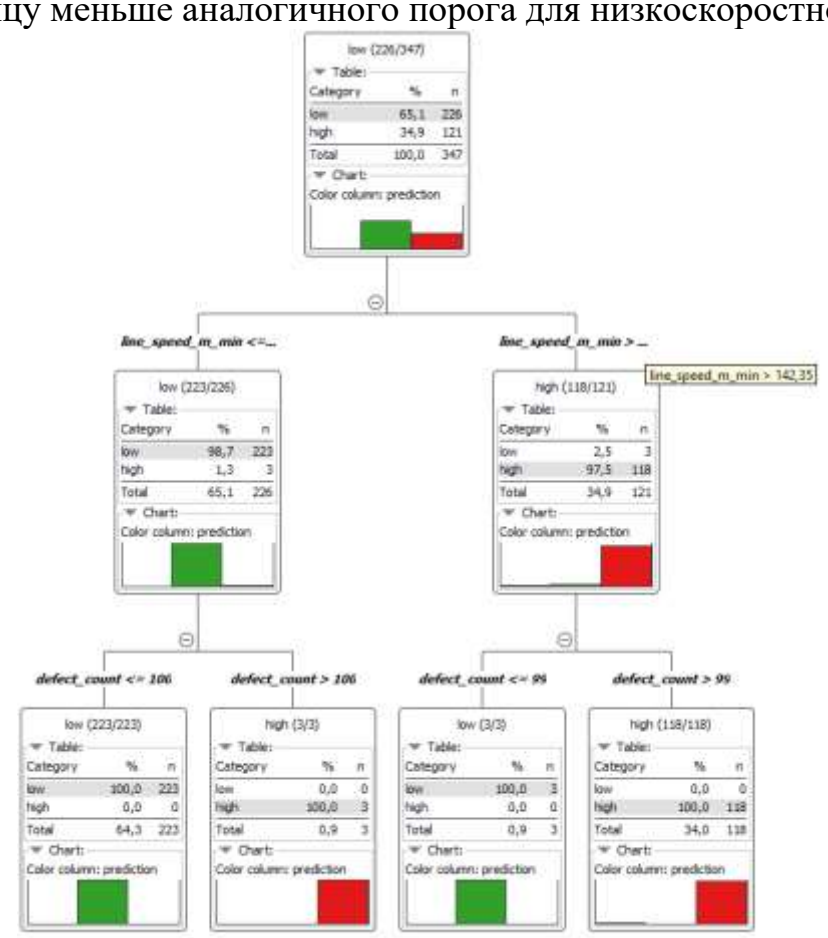


Рисунок 7. Визуализация дерева решений

Модель демонстрирует высокую точность классификации, но обращает на себя внимание относительно небольшое количество ошибочных случаев (всего 6 из 347), которые сосредоточены в пограничных значениях параметров. Такие результаты могут указывать на четкую зависимость между скоростью производственной линии и уровнем дефектов.

В ходе проведённого исследования была достигнута поставленная цель, заключающаяся в разработке аналитического комплекса для оптимизации производственных процессов. Полученные результаты подтверждают, что применение методов машинного обучения позволяет выявлять ключевые факторы, влияющие на качество продукции, и определять оптимальные параметры работы оборудования.

Разработанная архитектура аналитического комплекса обеспечивает интеграцию данных, их обработку и использование для поддержки управленческих решений. Выявленные зависимости между технологическими параметрами и уровнем дефектов позволяют формировать практические рекомендации по снижению брака.

Таким образом, предложенный подход демонстрирует высокую эффективность и может быть использован для повышения качества продукции и конкурентоспособности промышленных предприятий.

Список литературы:

1. AggreGate. MES/OEE — система для управления производственными процессами [Электронный ресурс]. URL: https://aggregate.digital/ru/products/scada-hmi/mes-oee.html – Дата обращения: 19.03.2026.
2. Хабр. Линейная регрессия. Основная идея, модификации и реализация [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/804135/ – Дата обращения: 19.03.2026.
3. ScikitLearn. Деревья решений (Decision Trees) [Электронный ресурс]. URL: https://scikit-learn.ru/stable/modules/tree.html – Дата обращения: 19.03.2026.
4. KNIME Analytics Platform [Электронный ресурс]. URL: https://www.knime.com/knime-analytics-platform – Дата обращения: 19.03.2026.
5. Loginom. Метрики качества линейных регрессионных моделей. [Электронный ресурс]. URL: https://loginom.ru/blog/quality-metrics – Дата обращения: 19.03.2026.
6. Loginom. Деревья решений: общие принципы. [Электронный ресурс]. URL: https://loginom.ru/blog/decision-tree-p1 – Дата обращения: 19.03.2026.

УДК 699.841

Вешняков А. В., Васильева Е. О.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА В РАЙОНАХ С СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Аннотация: в данной научной статье рассматриваются современные подходы к проектированию ограждающих конструкций жилого корпуса горнолыжного комплекса с акцентом на обеспечение сейсмостойкости. Предлагается использование самонесущих стен и навесных панелей, оснащённых горизонтальными и вертикальными антисейсмическими швами для равномерного распределения нагрузок. Также обсуждается применение структурного остекления, которое сочетает в себе эстетические и прочностные характеристики. Особое внимание уделяется бескаркасной конструктивной схеме, позволяющей объединить несущие стены в единую пространственную систему, что снижает количество потенциальных слабых мест. Внедрение системы «гибкий этаж» с каркасными элементами на первом этаже дополнительно повышает устойчивость здания к сейсмическим воздействиям. Статья подчеркивает важность современных конструктивных решений для обеспечения безопасности и долговечности жилых комплексов в сейсмоактивных районах.

Ключевые слова: горнолыжный комплекс, сейсмостойкость, сейсмическое воздействие, архитектурно-пространственные решения, функциональная организация.

На основе данных о рельефе, грунтах и геологической обстановке создаются карты сейсмического микрорайонирования для определения сейсмичности участка проектирования. Важно распознавать не только прямые последствия землетрясений, такие как разрушение зданий под действием сейсмических волн, но и вторичные эффекты, такие как оползни, обвалы и лавины. Шкала землетрясений соответствует их мощности, что позволяет более точно оценивать риски.

Интенсивность различных землетрясений зависит от количества высвобожденной кинетической энергии и степени локальных изменений, которые они вызывают. Строительство на участках с сейсмичностью более 9 баллов согласно СНиП запрещено, так как это считается опасным. Для зданий с сейсмичностью ниже 6 баллов не требуется учет при проектировании, поскольку она не является угрозой. При проектировании горно-туристического комплекса необходимая сейсмостойкость определяется так, чтобы конструкции здания не разрушались при землетрясении [1].

При разработке проекта здания учитывается не только его способность переносить нагрузки во время землетрясений, но и другие важные факторы. Эти факторы включают возможную частоту повторения землетрясений,

необходимый срок эксплуатации здания, количество людей, которые будут его использовать, ценность хранимого в здании оборудования и его назначение [2].

При проектировании здания на сейсмически активной территории необходимо учитывать следующие особенности:

1.Выбор местоположения здания, исходя из сейсмогеологических условий района;

2.Определение объемно-планировочного решения здания.

3.При разработке строительных конструкций в зоне сейсмической активности важно учитывать следующие аспекты:

4.Определение наиболее подходящего материала и конструктивного решения, учитывая воздействие сейсмических нагрузок.

5.Применение мероприятий по укреплению конструкций с целью повышения их устойчивости к сейсмическим воздействиям.

6.Проведение расчетов для оценки возможных сейсмических нагрузок на здания.

В процессе подбора места для новых строительных проектов крайне важно обращать внимание на характеристики местности. Выбирать следует районы с плоским ландшафтом и отличными условиями для отвода воды, где грунтовые воды залегают на достаточной глубине, что минимизирует риски, связанные с землетрясениями.

Горные формации часто располагаются параллельно земле. Встречаются устойчивые, плохо подверженные эрозии каменные массы с крупными фрагментами. Когда проектируются здания на земельных участках для создания объемных композиций, предпочтительно выбирать простые и эргономичные конструктивные формы, такие как круглые, многоугольные или квадратные без лишних выступов и изломов. Стены внутри здания должны оставаться цельными на протяжении всего пространства, как в ширину, так и в высоту. Сложность планировки часто усугубляется многофункциональностью объектов, например, горнолыжных комплексов, где требуется объединить разные функциональные зоны в единое целое; в таких случаях рекомендуется разделение на более простые секции.

В процессе проектирования здания с перепадами высоты частей, достигающих 5 м и более, применяется антисейсмический шов. Этот прием используется как в бескаркасных, так и в каркасных сооружениях. Антисейсмические швы могут быть оформлены в виде сдвоенных стен или двойного ряда колонн. Они простираются по всей высоте здания и часто комбинируются с другими типами швов.

При проектировании горнолыжного комплекса возможно использование как жесткой, так и гибкой конструктивной системы. Жесткая система включает в себя частые вертикальные диафрагмы в форме стен или перегородок, работающих на сдвиг. При выборе материала для конструкций следует стремиться к минимизации общей массы здания, что поможет сократить инерционные силы и опрокидывающие моменты, вызываемые

землетрясениями. В случае сейсмического воздействия, возможно применение жесткой конструктивной системы.

В зданиях можно использовать легкий бетон или сборные бескаркасные панели для уменьшения массы конструкции. В жилом корпусе комплекса можно применить такие системы, где стены между жилыми номерами будут выполнять роль вертикальных диафрагм. Гибкие системы работают на изгиб, в отличие от жестких. Рамный каркас, по сравнению с рамно-связевым, обеспечивает большую свободу для планировочных решений и применяется в зданиях [3].

Также в строительной отрасли активно применяются разнообразные амортизационные системы, способствующие увеличению устойчивости зданий к землетрясениям. Такие устройства, как пружины, амортизаторы, ролики, поворотные опоры и эластичные подвесы, могут интегрироваться в структуру сооружения. Это обеспечивает возможность перераспределения нагрузок между компонентами, что уменьшает необходимость в повышенной жесткости каркаса и, как следствие, снижает воздействие сейсмических воздействий.

Фундаменты для зданий, имеющих более 10 этажей, могут быть выполнены в виде перекрестных лент или сплошных плит. В условиях с сейсмической активностью бетонные, легкобетонные и железобетонные конструкции предпочтительнее по сравнению с деревянными и кирпичными. Монолитность конструкций обеспечивает сейсмостойкость зданий. При строительстве крупных объектов чаще всего используют каркасные, бескаркасные системы и конструкции из монолитного железобетона.

В сейсмически активных районах рекомендуется устанавливать здания с несущим каркасом из стали и железобетона. Стальные конструкции способны обеспечить перекрытие больших пролетов, что особенно важно для функциональных зон горно-туристического комплекса с большими помещениями. Для строительства в таких районах существует унифицированный железобетонный каркас, который может быть сборным, сборномонолитным или монолитным. Для крепления узлов железобетонных рам используются сварные сетки [4].

Для создания ограждающих конструкций в жилом корпусе горнолыжного комплекса используются самонесущие стены и навесные панели. Важно, чтобы самонесущие стены были оборудованы горизонтальными и вертикальными антисейсмическими швами. Горизонтальные швы должны проходить вдоль всей стены на уровне нижней части каждой навесной панели, а вертикальные швы - между верхним уровнем оконных проемов и уровнем покрытия. Кроме того, в качестве ограждающей конструкции можно использовать структурное остекление.

Бескаркасные здания проектируются с несущими поперечными и продольными стенами, объединенными в единую пространственную систему. Они отличаются от каркасных зданий меньшим количеством швов и узлов, что

является преимуществом в случае землетрясений. Для дополнительной сейсмозащиты в таких зданиях может использоваться система "гибкий этаж". В этом случае первый или подвальный этаж должен быть каркасным с выключающимися связями, которые служат амортизаторами [5].

Сейсмические особенности оказывают влияние на разнообразные конструкции. Воздействие сейсмических ударов может существенно повлиять на устойчивость и долговечность этих объектов. Поэтому критически важно предусматривать меры безопасности для защиты инфраструктуры от потенциальных сейсмических опасностей.

Список литературы:

1. СП 14 13330 2018 Строительство в сейсмических районах. – URL: https://docs.cntd.ru/document/550565571 (дата обращения: 03.01.2025).

2. Сейсмостойкое строительство зданий. Под. ред. И. Л. Корчинского. Учеб. пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1971. – URL: https://djvu.online/file/PwSFcus0ReovX (дата обращения: 03.01.2025).

3. Полякова Е.А. Туристско-рекреационные комплексы в условиях горного ландшафта // Системные технологии. 2019. № 33. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/turistsko-rekreatsionnye-kompleksy-v-usloviyah-gornogo-landshafta/viewer (дата обращения: 03.01.2025).

4. СП 31-114-2004 «Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмоопасных районах». - URL: https://docs.cntd.ru/document/1200039771 (дата обращения: 03.01.2025)

5. Сейсмостойкость зданий и сооружений : Учебное пособие для студентов специальностей 270102 "Промышленное и гражданское строительство" и и 270105 "Городское строительство и хозяйство". – Ангарск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ангарская государственная техническая академия», 2009. – 107 с. – EDN REGVDD.

УДК 004.584

Казарин Р. Н., Кремлёва Э. Ш.
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева — КАИ, Казань, Россия

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА: НЕВИДИМЫЙ ПОМОЩНИК СИСТЕМНОГО АДМИНИСТРАТОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Аннотация: цифровая трансформация образования предъявляет новые требования к ИТ-инфраструктуре учебных заведений. Системный администратор (лаборант) вуза ежедневно решает задачи разграничения доступа, обеспечения отказоустойчивости сети и информационной безопасности, которые требуют не просто технических навыков, а системного аналитического мышления. Несмотря на кажущуюся прикладную направленность этих задач, их эффективное решение опирается на фундаментальные структуры дискретной математики, что часто остаётся незамеченным в профессиональной литературе.

Цель исследования: продемонстрировать на конкретных примерах из практики системного администратора образовательной среды, как понятия булевой алгебры, теории графов, теории множеств и комбинаторики превращаются из абстрактных дисциплин в рабочие инструменты настройки, оптимизации и защиты ИТ-инфраструктуры.

Методика и материалы: в работе проведён анализ типовых задач лаборанта: настройка групповых политик (интерпретация через логические операторы), диагностика неисправностей (моделирование в виде бинарных деревьев), управление сетевой связностью и наследованием прав (графы и ориентированные ациклические графы), работа с группами пользователей в Active Directory (операции над множествами), оценка стойкости паролей (комбинаторный расчёт). Предложена формальная модель отношений в ИТ-инфраструктуре в виде графа и составлена матрица связей её элементов.

Ключевые слова: дискретная математика; теория графов; булева алгебра; системное администрирование; Active Directory; информационная безопасность; образовательная среда; логические политики.

Введение: Современное образовательное учреждение невозможно представить без сложной, многоуровневой информационно-технической инфраструктуры. Десятки компьютерных классов, сотни единиц активного сетевого оборудования, тысячи учетных записей студентов и преподавателей, разграничение доступа к учебным материалам, электронные библиотеки, системы дистанционного обучения — всё это требует ежедневного сопровождения квалифицированным специалистом. В вузовской иерархии эту роль чаще всего выполняет лаборант или системный администратор, в ведении которого находится не только исправность оборудования, но и безопасность, доступность и предсказуемость всей цифровой среды.

На первый взгляд, работа такого специалиста кажется сугубо прикладной и даже рутинной: переустановить операционную систему, подключить принтер, создать нового пользователя в домене, настроить права

на папку. Однако за каждым из этих действий стоит необходимость принимать решения в условиях жестких ограничений, множества взаимосвязанных факторов и потенциальных рисков. Как не ошибиться при назначении прав, чтобы студент случайно не получил доступ к ведомостям? Как спроектировать локальную сеть так, чтобы выход из строя одного коммутатора не парализовал работу всего корпуса? Как оценить, насколько сложным должен быть пароль, чтобы его нельзя было подобрать перебором, но при этом пользователи могли его запомнить?

Ответы на эти вопросы лежат не столько в знании конкретных кнопок интерфейса Windows или Linux, сколько в умении мыслить структурно, видеть за технической реализацией абстрактную математическую модель. Именно здесь на первый план выходит дискретная математика — раздел математики, изучающий дискретные структуры, которые принимают отдельные, непересекающиеся значения. Булева алгебра, теория графов, теория множеств, комбинаторика, математическая логика — всё это не просто теоретические дисциплины, а язык описания ИТ-инфраструктуры.

Парадокс заключается в том, что в профессиональной подготовке системных администраторов и в повседневной практике эти фундаментальные знания часто остаются в тени. Упор делается на освоение конкретного программного обеспечения, работу с консольными командами или графическими оснастками. Однако, как показывает практика, именно понимание глубинных математических принципов позволяет не просто следовать инструкциям, а самостоятельно проектировать архитектуру, предвидеть последствия изменений, находить нестандартные решения в нештатных ситуациях.

Обзор литературы по теме исследования. Вопросы применения дискретной математики в ИТ-инфраструктуре рассматриваются в работах как зарубежных, так и отечественных авторов. Фундаментальные основы теории графов применительно к компьютерным сетям изложены в классических трудах [1, 2]. Логические основы управления доступом и политики безопасности детально проанализированы в [3]. В российской практике вопросы формализации прав в Active Directory с позиции теории множеств поднимались в [4]. Отдельного внимания заслуживают исследования по комбинаторной сложности паролей и методам их оценки [5]. Вместе с тем большинство работ ориентированы либо на чистую математику, либо на узкотехнические инструкции. Настоящая статья восполняет пробел, демонстрируя синтез дискретной математики и ежедневных задач лаборанта образовательной организации.

Постановка задачи. Цель работы — показать, что дискретная математика является не абстрактной дисциплиной, а практическим каркасом ИТ-инфраструктуры. Для этого необходимо:

1) выделить ключевые разделы дискретной математики, используемые в работе системного администратора;

2) проиллюстрировать их примерами из реальной практики (логика, графы, множества, комбинаторика);

3) построить формальную модель отношений в образовательной сети с помощью ориентированного графа и матрицы;

4) обобщить полученные результаты в виде выводов о значимости математического мышления.

Описание исследования.

1. Булева алгебра и логика: фундамент системного администрирования.

Вся цифровая техника работает на принципах булевой алгебры (И, ИЛИ, НЕ). Но это не только про железо.

Настройка групповых политик (GPO) и прав доступа: Каждое правило — это сложное логическое выражение.

- Пример: «Разрешить запуск программы X (И) пользователям из группы «Студенты 3 курс» (И) только с 8:00 до 18:00 (И) если компьютер находится в учебной подсети (НЕ) и не является компьютером преподавателя».
- Понимание логических операторов позволяет строить точные, непротиворечивые и безопасные политики, избегая конфликтов, когда одно правило разрешает доступ, а другое — запрещает.

Диагностика неисправностей ПК: Процесс поиска неполадки — это бинарное дерево решений (раздел дискретной математики). «Система не загружается. Есть ли питание? (Да/Нет) → Если Да, подает ли материнская плата звуковой сигнал? (Да/Нет)». Такой структурный подход, основанный на бинарной логике, резко сокращает время ремонта.

2. Теория графов: карта вашей сети и прав

Представление данных в виде вершин и рёбер — мощнейший инструмент для визуализации и анализа.

Структура сети: Локальная сеть вуза — это граф. Компьютеры, серверы, принтеры, коммутаторы — вершины. Кабели и беспроводные соединения — рёбра. Понимание таких понятий, как связность, деревья, кратчайшие пути, помогает:

- Оптимизировать топологию сети, чтобы избежать «единых точек отказа».
- Быстро локализовать обрыв или сбой маршрутизации.
- Эффективно планировать расширение сети в новом корпусе.

Иерархия прав доступа на файловом сервере: это ориентированный ациклический граф (DAG). Корень — администратор. От него наследуют права группы «Профессора», «Доценты», «Студенты». Настройка наследования прав — это, по сути, управление этим графом. Четкое его понимание предотвращает ситуации, когда у студента оказываются права на папку деканата.

3. Теория множеств: основа для управления пользователями и ресурсами

Всё в ИТ-инфраструктуре — это множества и операции над ними.

Работа с Active Directory: Группы пользователей — это множества. «Все студенты ФИТ» — множество A. «Студенты, сдавшие сессию» — множество B. Право на доступ к закрытым материалам — это пересечение множеств A и B. Назначение лицензий на ПО, рассылка уведомлений — все это операции объединения, пересечения и разности множеств.

Организация файловой системы: Диски, папки, файлы — вложенные множества. Принципы разграничения доступа строятся на четком определении: «Файл X принадлежит множеству Лабораторные работы (И) множеству для чтения (И) для множества Группа ПИ-101».

4. Комбинаторика: когда порядок и выбор имеют значение

Планирование обновлений и обслуживания: сколько существует способов выбрать 20 компьютеров из 100 для установки специального ПО, чтобы не нарушить учебный процесс? Это сочетания. Как оптимально распределить время установки по аудиториям? Это задача, близкая к составлению расписаний.

Генерация и анализ паролей: Оценка стойкости пароля — чистая комбинаторика. Если пароль длиной 8 символов из букв и цифр (36 вариантов на позицию), то общее число комбинаций — 36^8. Понимание этого — основа для настройки политик сложности паролей.

Система отношений ИТ-инфраструктуры и дискретной математики

Все элементы управления персональным компьютером, отношения между пользователями и компьютерами, можно представить в виде системы отношений «администратор – пользователи – компьютеры – ресурсы», как граф, где:

- вершины – элементы системы.
- Рёбра – отношения между ними.

Такое представление напрямую соответствует использованию теории графов для описания сетевой инфраструктуры.

1. Определение графа системы

В символьном формате система может выглядеть следующим образом:

$$G = (V, E)$$

- V – множество вершин (V = {A, U1, U2, U3, C1, C2, C3, S1, R1, R2});
- A – системный администратор;
- U – пользователи;
- C – компьютеры;
- S – сервер;
- R – ресурсы (принтеры, базы данных и т.д.).
- E – множество рёбер (отношений);
- A → C (администратор обслуживает компьютеры);
- A → U (администратор управляет пользователями);
- U → C (пользователь работает за компьютером);
- C → S (компьютер подключен к серверу);

- C → R (компьютер использует ресурс);
- S → R (сервер управляет ресурсом).

2. Визуальная структура графа

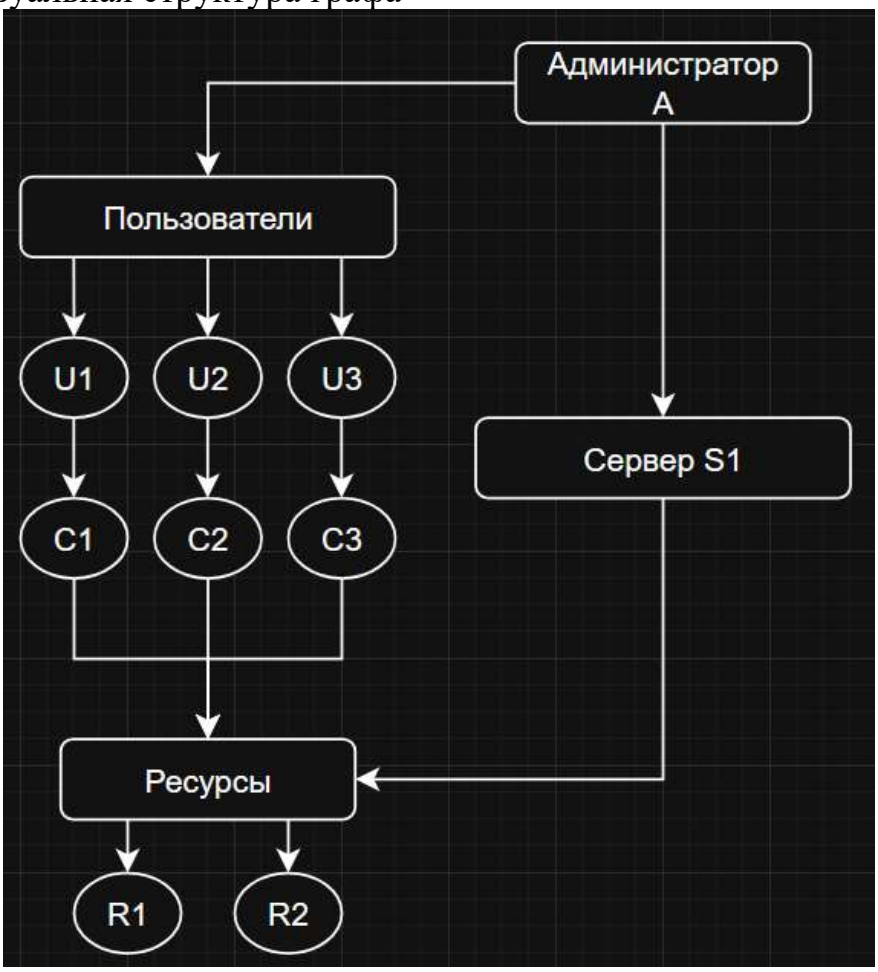


Рисунок 1 – структура графа

Данный граф, является ориентированным, так как отношения имеют направления:

- Администратор → управляет.
- Пользователь → использует.
- Компьютер → обращается.

3. Подграф сети компьютеров

Можно выделить отдельный сетевой граф, где:

- вершины – устройства.
- Рёбра – сетевые соединения.

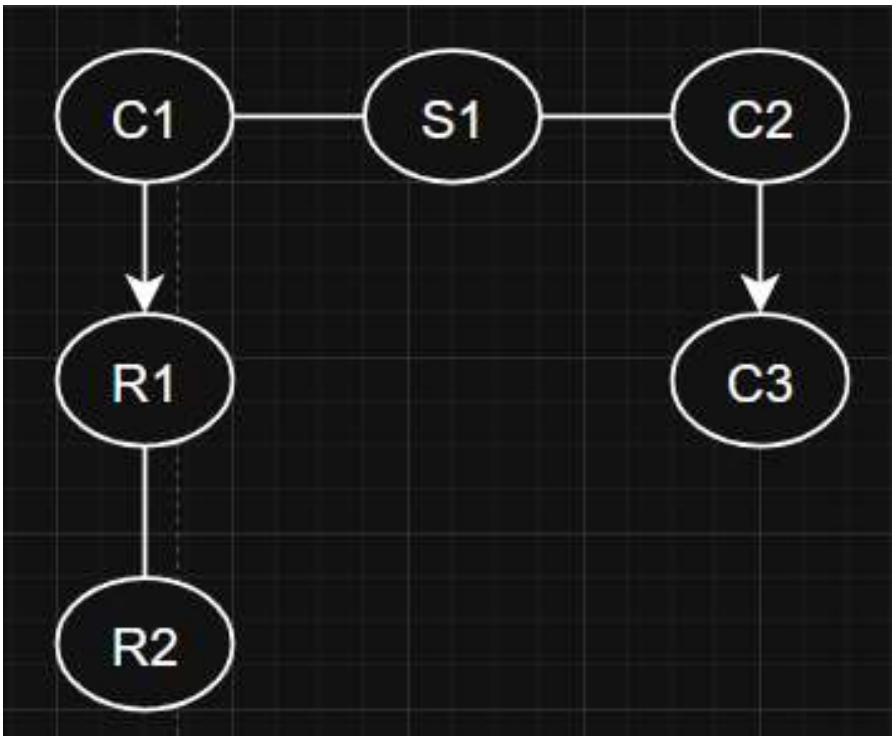


Рисунок 2 – Сетевой граф

4. Иерархический граф прав доступа

Права доступа образуют ориентированный ациклический граф, что предотвращает циклы наследования прав.

Рисунок 3 – Ориентированный ациклический граф

5. Формальная модель отношений

Данную модель отношений можно записать следующим образом:

- Admin (A, C).
- Admin (A, U).
- User (U, C).
- Connect (C, S).

- Access (C, R).
- Control (S, R).

И исходя их модели отношений можно составить матрицу связей графа.

Таблица 1. Матрица связей графа

From	To	Тип связи
A	U	Управление
A	C	Обслуживание
U	C	Использование
C	S	Сеть
C	R	Доступ
S	R	Управление

Заключение: Математика как мета-навык

Дискретная математика для лаборанта или системного администратора — это не набор формул для заучивания, а способ мышления. Она дает:

Структурность: Умение разбивать хаотичную проблему на четкие, логически связанные компоненты.

Абстракцию: Возможность увидеть за конкретными настройками Windows общую модель (граф, множество, логическое выражение), которую можно анализировать и оптимизировать.

Точность: Исключение двусмысленностей при формулировке правил и политик.

Эффективность: Применение оптимальных алгоритмов для решения повседневных задач, от поиска неисправности до настройки доступа.

Таким образом, дискретная математика оказывается не абстрактной учебной дисциплиной, а практическим каркасом, на котором строится надежная, безопасная и логичная ИТ-инфраструктура современного образовательного учреждения. Она превращает лаборанта из исполнителя инструкций в архитектора цифровой среды, способного проектировать, анализировать и совершенствовать её на фундаментальном уровне.

Список литературы:

1. Юнусов А.Р., Кремлева Э.Ш. Дискретная математика в информационных системах и технологиях // Тенденции развития науки и образования. - 2023. - №103-7. - С. 162-166.

2. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Новикова К.Н., Кремлева Э.Ш. Повышение эффективности освоения практических компетенций студентами IT-специальностей на основе кросс-предметных научных исследований // Образовательные технологии и общество. - 2020. - №23.1. - С. 101-114.

3. Кремлева Э.Ш., Новикова К.Н. Программные средства поддержки самостоятельной работы студентов в рамках курса "Компьютерное моделирование процессов и систем" для студентов технических вузов // Образовательные технологии и общество. - 2018. - №21.1. - С. 363-387.

4. Карабанов Л.Д., Кремлева Э.Ш. Применение дискретной математики в информационныз системах и технологиях // Тенденции развития науки и образования. -

2023. - №98-10. - С. 170-173.

5. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2013. — 1328 с.

6. Столлингс В. Криптография и защита сетей: принципы и практика. — 7-е изд. — М.: Вильямс, 2021. — 768 с.

УДК 004.8

Цибикова Д. В.
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-МОШЕННИЧЕСТВА

Аннотация. В настоящей статье проводится сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения для обнаружения мошеннических транзакций на основе датасета PaySim. Исследованы методы градиентного бустинга (XGBoost), автоэнкодер с динамическим порогом, гибридная модель, случайный лес (Random Forest) и графовая нейронная сеть (GNN). Для сравнения результатов использованы метрики Precision, Recall, F1-score и ROC-AUC. Показано, что графовая нейронная сеть достигает наилучшего баланса точности и полноты (F1=0.83), а гибридные модели существенно повышают точность обнаружения по сравнению с базовым XGBoost. Выводы могут быть полезны для разработки антифрод-систем и систем обнаружения вторжений.

Ключевые слова: машинное обучение, информационная безопасность, обнаружение мошенничества, XGBoost, автоэнкодер, случайный лес, графовые нейронные сети, антифрод-системы.

Современный мир сталкивается с экспоненциальным ростом числа киберпреступлений, что ставит под угрозу безопасность финансовых операций и конфиденциальных данных. По данным аналитических отчётов, ежегодный ущерб от интернет-мошенничества исчисляется миллиардами долларов, причём темпы роста потерь удваиваются каждые два года. Традиционные методы защиты, основанные на статических правилах, перестали быть эффективными в условиях быстро эволюционирующих тактик злоумышленников, использующих анонимайзеры, ботов и методы социальной инженерии [1, 2].

В этой связи особую значимость приобретают методы машинного обучения, способные анализировать огромные массивы транзакционных данных в реальном времени и выявлять скрытые аномалии. В данной работе проводится сравнение пяти алгоритмов машинного обучения: градиентного бустинга (XGBoost), автоэнкодера, гибридной модели (XGBoost с признаками от автоэнкодера), случайного леса (Random Forest) и графовой нейронной сети (GNN).

Для обучения и тестирования моделей использован открытый датасет PaySim [3], содержащий 6 362 620 синтетических транзакций мобильных платежей. Каждая транзакция описывается 11 признаками, включая тип операции, сумму, остатки на счетах отправителя и получателя, а также метку класса (мошенническая или нет). Доля мошеннических транзакций составляет 0,13%, что создаёт существенный дисбаланс классов, характерный для реальных задач обнаружения фрода.

В процессе предобработки были созданы дополнительные признаки: разность балансов отправителя и получателя, отношение суммы к балансу, индикаторы нулевых балансов. Категориальный признак типа операции преобразован методом one-hot encoding, числовые признаки стандартизированы.

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) – метод градиентного бустинга, строящий ансамбль решающих деревьев последовательно, где каждое новое дерево исправляет ошибки предыдущих. Минимизируемая функция имеет вид [4]:

$$\mathcal{L}^{(t)} = \sum_{i=1}^{n} l(y_i, \hat{y}_i^{(t-1)} + f_t(x_i)) + \Omega(f_t)$$

Где $\Omega(ft) = \gamma T + \frac{1}{2}\lambda \sum_{i=1}^{T} w_j^2$ – регуляризационный член, T – число листьев, w_j – веса листьев. Для учёта дисбаланса классов использован параметр scale_pos_weight.

Автоэнкодер представляет собой нейросеть, обучаемую восстанавливать входные данные после сжатия через «бутылочное горлышко». Архитектура включает энкодер (11 → 16 нейронов) и декодер (16 → 11) с функцией активации ReLU на скрытом слое. Функция потерь – среднеквадратичная ошибка (MSE):

$$\mathcal{L}(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \| \mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i \|^2$$

Обучение проводилось только на нормальных транзакциях. Порог аномалии устанавливался как 95-й перцентиль ошибок на валидационной выборке [5].

К исходным признакам, подаваемым на вход XGBoost, были добавлены метрики, полученные от автоэнкодера: MSE, MAE, логарифмическая ошибка и эмбеддинги скрытого слоя (16 измерений), что позволило объединить преимущества обоих подходов.

Случайный лес – ансамблевый метод, строящий множество решающих деревьев на случайных подвыборках данных и подмножествах признаков. Финальное предсказание определяется мажоритарным голосованием [6]. Использована реализация из библиотеки scikit-learn с параметром class_weight='balanced'.

Для учёта связей между счетами был построен граф, в котором узлы соответствуют уникальным идентификаторам счетов (nameOrig, nameDest), а рёбра – транзакциям. Использована архитектура GraphSAGE с двумя свёрточными слоями, эмбеддингами узлов размерности 32 и MLP для классификации рёбер [7]. Обновление признаков узла на каждом слое описывается формулой:

$$\mathbf{h}_i^{(k)} = \sigma\left(\mathbf{W}^{(k)} \cdot \mathrm{CONCAT}\left(\mathbf{h}_i^{(k-1)}, \mathrm{AGG}\left(\left\{\mathbf{h}_j^{(k-1)}, \forall j \in \mathcal{N}(i)\right\}\right)\right)\right)$$

Из-за ограничений вычислительных ресурсов обучение проводилось на подвыборке из 300 000 транзакций с применением мини-батчей (NeighborLoader).

Эксперименты выполнялись на персональном компьютере с процессором Intel Core i5-12450H, 16 ГБ оперативной памяти и видеокартой NVIDIA GeForce RTX 3050 (4 ГБ). Программная реализация осуществлялась на языке Python 3.9.7 с использованием библиотек: pandas, numpy, scikit-learn, xgboost, tensorflow/keras, torch, torch-geometric. Данные разделены на обучающую (70%), валидационную (15%) и тестовую (15%) выборки с сохранением пропорций классов.

Для оценки качества моделей использованы метрики: точность (Precision), полнота (Recall), F1-мера и площадь под ROC-кривой (ROC-AUC). Порог классификации для каждой модели подбирался индивидуально по максимуму F1-меры на валидационной выборке.

В таблице 1 представлены итоговые метрики всех исследованных моделей.

Таблица 1. Сравнение эффективности алгоритмов обнаружения мошенничества

Модель	Precision	Recall	F1-мера	ROC-AUC
XGBoost (базовый)	0,007	0,988	0,015	0,990
Автоэнкодер	0,006	0,241	0,012	–
Гибрид (XGBoost + MSE)	0,077	0,881	0,141	0,995
Улучшенный гибрид	0,078	0,876	0,143	0,995
Random Forest	0,097	0,866	0,174	0,995
GNN (на подвыборке)	0,955	0,737	0,832	0,991

Базовый XGBoost демонстрирует максимальную полноту (98,8%), но крайне низкую точность – модель помечает как мошеннические множество легитимных операций. Это типично для задач с сильным дисбалансом при использовании весов классов.

Автоэнкодер, не использующий размеченные данные, показывает низкую полноту (24,1%) и низкую точность (0,6%). Эксперименты показали, что автоэнкодер чувствителен к случайной инициализации, однако его использование в качестве источника признаков для гибридных моделей стабильно улучшает качество обнаружения.

Гибридные модели, объединяющие исходные признаки с информацией от автоэнкодера, увеличивают точность в 10–11 раз по сравнению с базовым XGBoost, сохраняя полноту на уровне 87–88%.

Random Forest превзошёл все гибридные модели по F1-мере (0,174), подтверждая свою эффективность как сильного базового алгоритма для табличных данных.

Графовая нейронная сеть продемонстрировала революционное улучшение точности (95,5%) и F1-меры (0,832). Высокое значение ROC-AUC

(0,991) свидетельствует об отличной разделяющей способности. Более низкая полнота (73,7%) по сравнению с XGBoost объясняется тем, что GNN ориентирована на обнаружение мошеннических сообществ, но может пропускать изолированные аномалии.

На рисунке 1 представлены ROC-кривые для исследованных моделей.

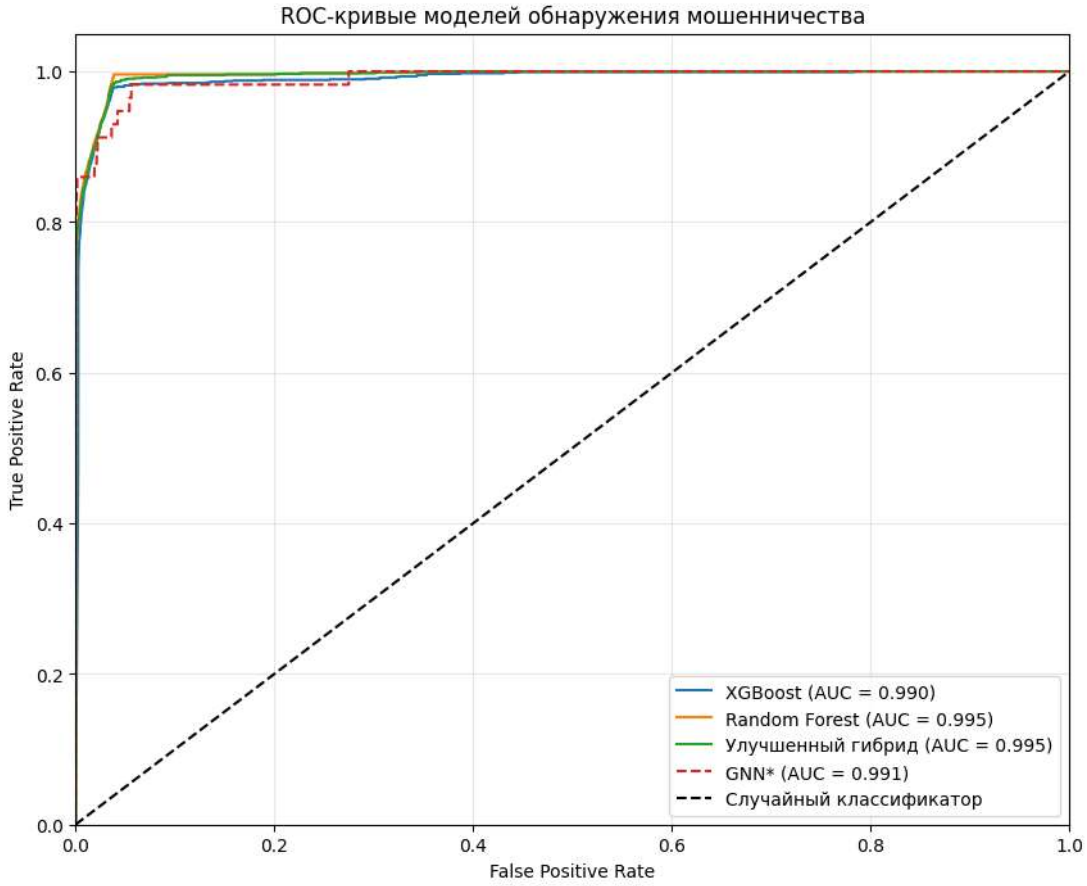


Рисунок 1. ROC-кривые моделей обнаружения мошенничества

На рисунке 2 показано распределение ошибок восстановления автоэнкодера: нормальные транзакции имеют крайне малые ошибки, в то время как мошеннические – на несколько порядков выше.

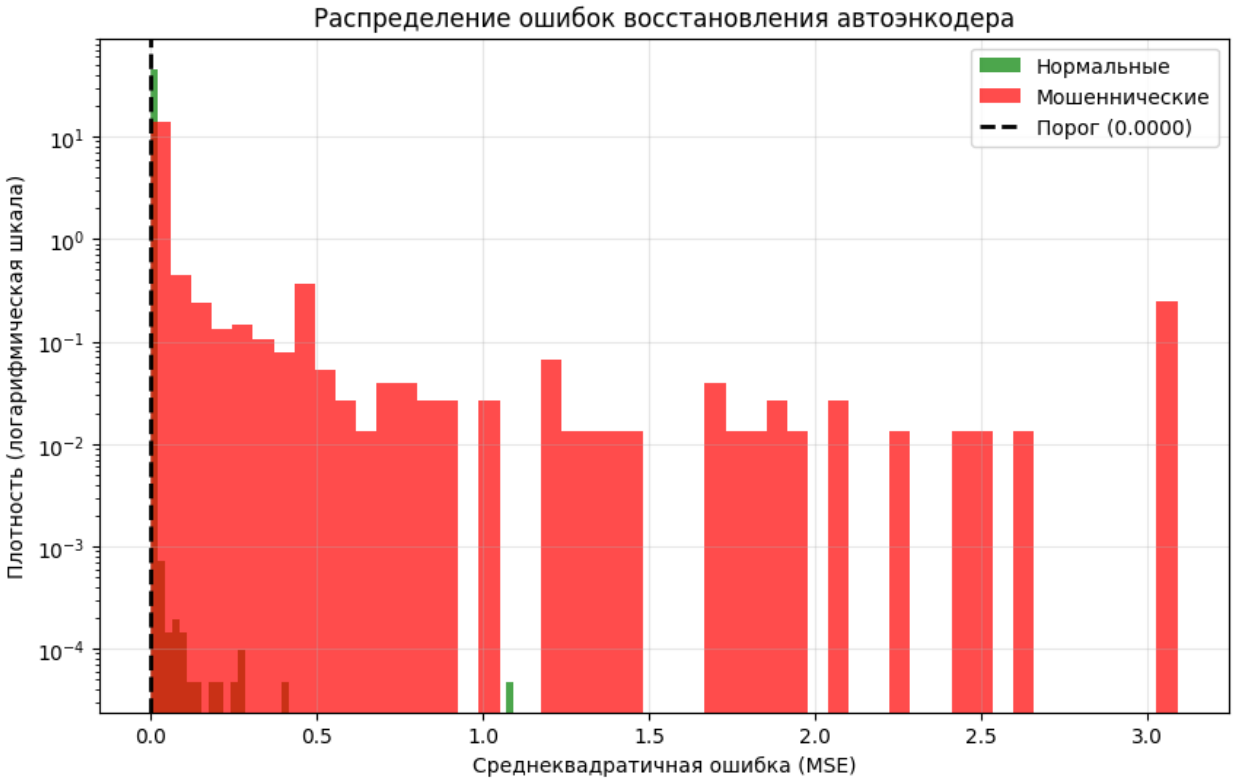


Рисунок 2. Распределение ошибок восстановления автоэнкодера

В рамках исследования было проведено сравнение различных методов машинного обучения для задачи обнаружения интернет-мошенничества на датасете PaySim. Установлено, что методы градиентного бустинга и случайного леса обеспечивают высокую полноту обнаружения, но страдают от низкой точности; гибридные модели, использующие признаки от автоэнкодера, повышают точность в 10-11 раз; графовые нейронные сети, учитывающие связи между счетами, достигают наилучшего баланса точности и полноты (F1=0,83).

Разработанные модели могут быть полезны при создании антифрод-систем для банков и платёжных систем, а также в других исследованиях, связанных с анализом транзакционных данных. Дальнейшие исследования могут быть направлены на масштабирование графовых нейронных сетей на полные датасеты и применение методов федеративного обучения для сохранения конфиденциальности данных.

Список литературы:

1. Positive Technologies. Тренды атак в 2026 году. [Электронный ресурс]. URL: https://ptsecurity.com/research/analytics/trendy-atak-v-2026-godu/#id2 (дата обращения: 05.03.2026).

2. PT Security. CODE RED 2026: Актуальные киберугрозы для российских организаций. [Электронный ресурс]. URL: https://ptsecurity.com/research/analytics/russia-cyberthreat-landscape-2026/ (дата обращения: 05.03.2026).

3. PaySim Synthetic Financial Dataset [Электронный ресурс] // Kaggle. – Режим доступа: https://www.kaggle.com/datasets/ealaxi/paysim1 (дата обращения: 10.03.2026).

4. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD. – 2016. – P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

5. Kingma D. P., Welling M. Auto-Encoding Variational Bayes // ICLR. – 2014.

6. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45, № 1. – P. 5–32.

7. Hamilton W. L., Ying R., Leskovec J. Inductive Representation Learning on Large Graphs // NIPS. – 2017. – P. 1024–1034.

8. Аркадьева О.Г. Модели машинного обучения как инструмент обнаружения подозрительных банковских транзакций. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-mashinnogo-obucheniya-kak-instrument-obnaruzheniya-podozritelnyh-bankovskih-tranzaktsiy?ysclid=mncr1czeok167384087 (дата обращения: 10.03.2026).

9. Завидов Б.Д. Обычное мошенничество и мошенничество в сфере высоких технологий. Москва: Практическое пособие, 2026. ISBN 978-5-699-12345-6.

10. Аяхам. Обнаружение мошенничества на основе автокодировщика с динамическим порогом // Doi: [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.26297/2312-9409.2025.2.11.

УДК 629.423

Тужилкин А. В.
Научный руководитель: Беспалько С. В.
Российский университет транспорта, Москва, Россия

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы к применению предиктивной аналитики в системе технического обслуживания локомотивов железнодорожного транспорта. Показано, что развитие цифровых технологий, датчиков мониторинга и методов интеллектуального анализа данных формирует основу для перехода от традиционной системы планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому техническому состоянию оборудования.

Ключевые слова: локомотив, предиктивная аналитика, мониторинг технического состояния, искусственный интеллект, безопасность движения, диагностика оборудования.

Надежность тягового подвижного состава является одним из ключевых факторов устойчивого функционирования железнодорожного транспорта. Локомотивы обеспечивают тягу поездов, и отказ их основных систем может привести к задержкам движения, снижению пропускной способности линий и возникновению потенциально опасных ситуаций.

На протяжении длительного времени система технического обслуживания локомотивов строилась на основе планово-предупредительных ремонтов. Такой подход предполагает проведение регламентных осмотров и ремонтных работ через заранее установленные интервалы времени или пробега. Несмотря на эффективность этой системы на ранних этапах развития железнодорожной техники, она имеет ряд ограничений. В частности, фиксированные интервалы обслуживания не учитывают индивидуальные условия эксплуатации конкретного локомотива и фактическое состояние его оборудования.

Развитие цифровых технологий и систем мониторинга создало предпосылки для перехода к более гибким стратегиям обслуживания. Одним из наиболее перспективных направлений является использование предиктивной аналитики, позволяющей прогнозировать развитие неисправностей на основе анализа эксплуатационных данных.

Эволюция подходов к техническому обслуживанию локомотивов
Современные стратегии обслуживания подвижного состава можно условно разделить на несколько этапов развития:

Первый этап характеризуется реактивным обслуживанием, при котором ремонт выполняется после возникновения отказа оборудования. Такой подход

приводит к значительным простоям техники и повышенному риску нарушения безопасности движения.

Второй этап связан с внедрением планово-предупредительных ремонтов, предполагающих проведение технических операций через определённые интервалы времени или пробега.

Третьим этапом развития стало внедрение обслуживания по техническому состоянию. В данном случае решения о проведении ремонта принимаются на основе анализа параметров работы оборудования.

На современном этапе формируется концепция предиктивного обслуживания, при которой техническое состояние оборудования оценивается с использованием методов анализа данных и прогнозирования развития дефектов. Предиктивная аналитика позволяет перейти от реагирования на уже возникшие неисправности к их предварительному выявлению, что значительно повышает надежность эксплуатации сложных технических систем.

Системы мониторинга технического состояния локомотивов

Современные локомотивы оснащаются развитой системой датчиков и диагностических устройств, предназначенных для контроля параметров работы различных агрегатов.

К числу наиболее важных контролируемых параметров относятся:

- температура узлов и агрегатов;
- электрические параметры силовых цепей;
- вибрационные характеристики механических элементов;
- параметры работы дизельных двигателей;
- давление и состояние пневматических систем;
- режимы движения и тяговые характеристики и другие параметры.

Такие данные формируют массив эксплуатационной информации, который может использоваться для анализа состояния оборудования. Современные системы телеметрии способны регистрировать сотни параметров работы локомотива, включая показатели температуры, напряжения, вибрации и механических нагрузок. Постоянный сбор диагностических данных позволяет формировать цифровую модель состояния локомотива и отслеживать изменения параметров оборудования в процессе эксплуатации.

Архитектура систем предиктивного мониторинга

Системы предиктивной аналитики в железнодорожной отрасли имеют многоуровневую архитектуру обработки данных.

1) Сбор информации: осуществляется регистрация параметров работы оборудования с помощью датчиков и бортовых систем диагностики.

2) Предварительная обработка данных: на локомотиве производится фильтрация сигналов и первичный анализ параметров. На данном этапе могут

выявляться очевидные отклонения от нормального режима работы оборудования.

3) Передача диагностической информации: полученные данные передаются в информационные системы железнодорожных и сервисных компаний с использованием телекоммуникационных каналов связи.

4) Аналитическая обработка: на уровне сервисных центров выполняется анализ накопленных данных. Используются алгоритмы статистического анализа и методы машинного обучения для выявления закономерностей изменения параметров оборудования.

В результате формируются прогнозы изменения технического состояния локомотива и рекомендации по проведению ремонтных мероприятий.

Предиктивная аналитика, безопасность движения поездов и перспективы развития

Безопасность движения является ключевым фактором при эксплуатации железнодорожного транспорта. Отказ критически важных систем локомотива может привести к нарушению графика движения и созданию потенциально опасных ситуаций.

Использование систем предиктивной аналитики позволяет существенно снизить вероятность таких событий. Раннее выявление признаков ухудшения технического состояния оборудования дает возможность планировать ремонтные мероприятия до возникновения отказа.

Кроме того, применение методов интеллектуального анализа данных позволяет выявлять нетипичные режимы работы оборудования, которые могут свидетельствовать о скрытых неисправностях.

Цифровизация железнодорожной отрасли и внедрение технологий анализа больших данных рассматриваются как ключевые направления повышения надежности и безопасности железнодорожных систем. В ближайшие годы развитие систем предиктивной аналитики будет связано с несколькими ключевыми направлениями.

Одним из них является расширение возможностей систем мониторинга и увеличение количества контролируемых параметров оборудования. Другим направлением является развитие алгоритмов обработки данных и применение более сложных моделей машинного обучения. Большое значение также имеет интеграция систем мониторинга с цифровыми платформами сервисных компаний.

В перспективе такие системы могут стать основой для создания комплексных цифровых платформ управления эксплуатацией локомотивного парка.

Дополнительные аспекты применения предиктивной аналитики в локомотивном хозяйстве

Одним из ключевых преимуществ внедрения предиктивной аналитики является возможность формирования индивидуальных профилей эксплуатации локомотивов. Каждый локомотив работает в уникальных

условиях, которые зависят от профиля пути, климатических факторов, массы поездов, режимов тяги и особенностей работы локомотивной бригады. В результате одинаковые по конструкции локомотивы могут иметь различную интенсивность износа отдельных узлов и агрегатов. Применение методов интеллектуального анализа данных позволяет учитывать данные факторы и формировать персонализированные прогнозы технического состояния.

Важным направлением развития предиктивной аналитики является использование методов машинного обучения. Алгоритмы классификации и регрессии позволяют выявлять скрытые зависимости между параметрами работы оборудования и вероятностью возникновения неисправностей. Например, анализ изменения температурных режимов тяговых двигателей в сочетании с данными о нагрузке и скорости движения позволяет прогнозировать вероятность перегрева и выхода из строя изоляции. Аналогично анализ вибрационных характеристик редукторов дает возможность выявлять ранние признаки износа зубчатых передач.

Большое значение имеет также использование методов обработки временных рядов. Эксплуатационные параметры локомотива представляют собой последовательности значений, изменяющихся во времени. Анализ динамики этих параметров позволяет выявлять тренды ухудшения состояния оборудования. Например, постепенный рост вибрации подшипников или увеличение потребляемого тока может свидетельствовать о развитии дефекта. В таких случаях предиктивные модели позволяют определить момент, когда параметр достигнет критического значения, и запланировать ремонт заранее.

Интеграция предиктивной аналитики с существующими системами управления эксплуатацией локомотивного парка является важным этапом цифровизации железнодорожного транспорта. В современных условиях диагностическая информация может использоваться не только для технического обслуживания, но и для оптимизации графиков работы локомотивов. При наличии прогноза состояния оборудования возможно перераспределение нагрузки между локомотивами, что позволяет снизить риск отказов в наиболее ответственные периоды эксплуатации.

Экономическая эффективность внедрения предиктивной аналитики

Внедрение систем предиктивной аналитики оказывает значительное влияние на экономические показатели локомотивного хозяйства. Одним из основных эффектов является снижение внеплановых ремонтов. Отказы оборудования, возникающие в процессе эксплуатации, приводят к простоям локомотивов и дополнительным затратам на восстановление работоспособности. Предиктивное обслуживание позволяет минимизировать такие ситуации за счет своевременного выявления дефектов.

Другим важным фактором является сокращение затрат на техническое обслуживание. При традиционной системе планово-предупредительных ремонтов часть операций выполняется независимо от фактического состояния

оборудования. Использование предиктивной аналитики позволяет отказаться от избыточных работ и проводить обслуживание только при наличии объективной необходимости. Это способствует более рациональному использованию трудовых и материальных ресурсов.

Кроме того, применение предиктивных технологий позволяет увеличить коэффициент технической готовности локомотивного парка. Снижение времени простоя техники напрямую влияет на пропускную способность железнодорожных линий и эффективность перевозочного процесса. Повышение надежности локомотивов также способствует снижению риска задержек движения поездов и повышению уровня безопасности.

Практические проблемы внедрения предиктивной аналитики

Несмотря на значительные преимущества, внедрение предиктивной аналитики в локомотивном хозяйстве связано с рядом организационных и технических сложностей. Одной из основных проблем является необходимость модернизации существующего парка локомотивов. Значительная часть эксплуатируемых машин не оснащена современными системами мониторинга, что ограничивает возможности сбора диагностических данных.

Другим важным аспектом является обеспечение качества данных. Для построения корректных прогнозных моделей необходимо наличие большого объема достоверной информации. Ошибки измерений, пропуски данных и нестабильность каналов передачи информации могут снижать точность прогнозирования. В связи с этим требуется разработка методов фильтрации и валидации диагностической информации.

Также важной задачей является подготовка специалистов, способных работать с системами анализа данных. Внедрение предиктивной аналитики требует междисциплинарного подхода, объединяющего знания в области железнодорожной техники, информационных технологий и математической статистики. Формирование соответствующих компетенций является важным условием успешной цифровой трансформации локомотивного хозяйства.

Список литературы:

1. Данковцев В. Т., Киселев В. И., Четвергов В. А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов. - М.: УМЦ ЖДТ, 2007. - 558 с. ISBN: 978-5-89035-531-7 EDN: QBFQQZ

2. Лаушкин Э. В., Чернов В. Ю., Пашинин В. А. Повышение надежности тягового подвижного состава методами предиктивной аналитики показателей моторного масла // Транспортное машиностроение. - 2025. - № 4. - С. 47-55. DOI: 10.30987/2782-5957-2025-4-47-55 EDN: TPFROM

3. Федотов М. В., Грачев В. В. Предиктивная аналитика технического состояния систем тепловозов с использованием нейросетевых прогнозных моделей // БРНИ. - 2021. - № 3. - С. 102-114. DOI: 10.20295/2223-9987-2021-3-102-114 EDN: IKEHIN

4. Синельников, И. А. Бортовой комплекс предиктивной диагностики локомотивов АО «Трансмашхолдинг» / И. А. Синельников // Вестник Института проблем

естественных монополий: Техника железных дорог. – 2024. – № 1(65). – С. 22-27. – EDN HUBDKB.

5. Анализ мирового опыта применения систем предиктивной диагностики железнодорожного транспорта // Молодой ученый. - 2025. - № 23. - С. 71-76. EDN: DEBKRZ

УДК 004.056

Курбатова М. А., Ужахов Н. Л.
МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье рассматриваются методы обеспечения информационной безопасности при проектировании распределённых информационных систем. Проанализированы особенности распределённой архитектуры, выявлены основные угрозы безопасности и предложены архитектурные, инфраструктурные и организационные меры защиты. Особое внимание уделено комплексному подходу к обеспечению безопасности на всех уровнях системы.
Ключевые слова: информационная безопасность, распределённые системы, архитектура ИС, защита данных, контроль доступа, VPN, аудит.

Современные информационные системы развиваются в направлении распределённых архитектур, что обусловлено необходимостью обеспечения масштабируемости, доступности и гибкости обработки данных [1-2]. Распределённые информационные системы объединяют множество компонентов, взаимодействующих через сетевые каналы, что существенно увеличивает сложность их проектирования и эксплуатации. Одновременно с этим возрастает значимость информационной безопасности [3], поскольку каждая точка взаимодействия системы становится потенциальной точкой атаки. В условиях территориальной распределённости пользователей и ресурсов требуется разработка комплексных подходов к защите информации, учитывающих как технические, так и организационные аспекты [4].

Целью настоящей работы является исследование методов обеспечения информационной безопасности при проектировании распределённых информационных систем и формирование целостного подхода к их применению.

Распределённые информационные системы характеризуются наличием географически удалённых компонентов, взаимодействующих посредством сетевых технологий. Такая архитектура предполагает использование удалённого доступа, интеграцию различных информационных систем и поддержку большого количества пользователей. Особенностью подобных систем является необходимость одновременного обеспечения высокой доступности сервисов и защиты данных, что требует применения централизованных механизмов управления безопасностью при сохранении распределённой структуры [5-6]. Архитектура таких систем должна учитывать требования к отказоустойчивости, масштабируемости и контролю доступа. Дополнительной сложностью является необходимость синхронизации данных

между узлами системы и обеспечения их целостности при передаче и хранении.

Распределённые информационные системы подвержены широкому спектру угроз, возникающих на различных уровнях их функционирования. Существенную опасность представляют угрозы сетевого уровня, связанные с возможностью перехвата данных и несанкционированного доступа к каналам связи. На уровне приложений актуальными являются уязвимости, связанные с ошибками реализации бизнес-логики и недостаточной защитой интерфейсов взаимодействия между компонентами системы. Кроме того, значительное влияние оказывают организационные факторы, включая ошибки пользователей и недостаточное разграничение прав доступа. Особую роль играют риски, связанные с обработкой чувствительных данных, что требует внедрения механизмов контроля доступа и аудита действий пользователей.

Важной особенностью угроз в распределённой среде является их каскадный характер. Нарушение безопасности в одном из компонентов системы может привести к компрометации связанных узлов, сервисов и каналов обмена данными, что повышает масштаб возможного ущерба. По этой причине при проектировании распределённой информационной системы необходимо учитывать не только локальные уязвимости отдельных элементов, но и сценарии распространения инцидента в рамках всей архитектуры. Такой подход требует предварительного моделирования угроз, определения критически значимых компонентов и оценки допустимого уровня риска для каждого типа информационного актива.

Дополнительное значение имеет защита межсервисного взаимодействия. В распределённых системах значительная часть обмена данными осуществляется автоматически, без непосредственного участия пользователя, через прикладные интерфейсы и служебные протоколы. Недостаточная защита таких точек взаимодействия может привести к подмене запросов, повторной отправке сообщений, нарушению целостности данных и несанкционированному доступу к внутренним функциям системы. Следовательно, обеспечение безопасности должно распространяться не только на пользовательские точки входа, но и на внутренний контур взаимодействия между подсистемами.

Архитектура распределённой информационной системы является основой для реализации механизмов информационной безопасности [7]. Наиболее эффективным подходом является использование многослойной архитектуры, позволяющей разделить систему на функциональные уровни и изолировать потенциальные угрозы. Каждый уровень системы выполняет строго определённые функции, что обеспечивает локализацию возможных уязвимостей и повышает устойчивость системы к атакам. Дополнительно применяется принцип изоляции компонентов, характерный для микросервисных архитектур, при котором каждый сервис функционирует независимо. Централизация ключевых сервисов безопасности, таких как

аутентификация и управление доступом, позволяет обеспечить единые правила безопасности для всех компонентов системы и упростить администрирование. Архитектурная модель распределённой информационной системы представлена на Рисунке 1 [8].

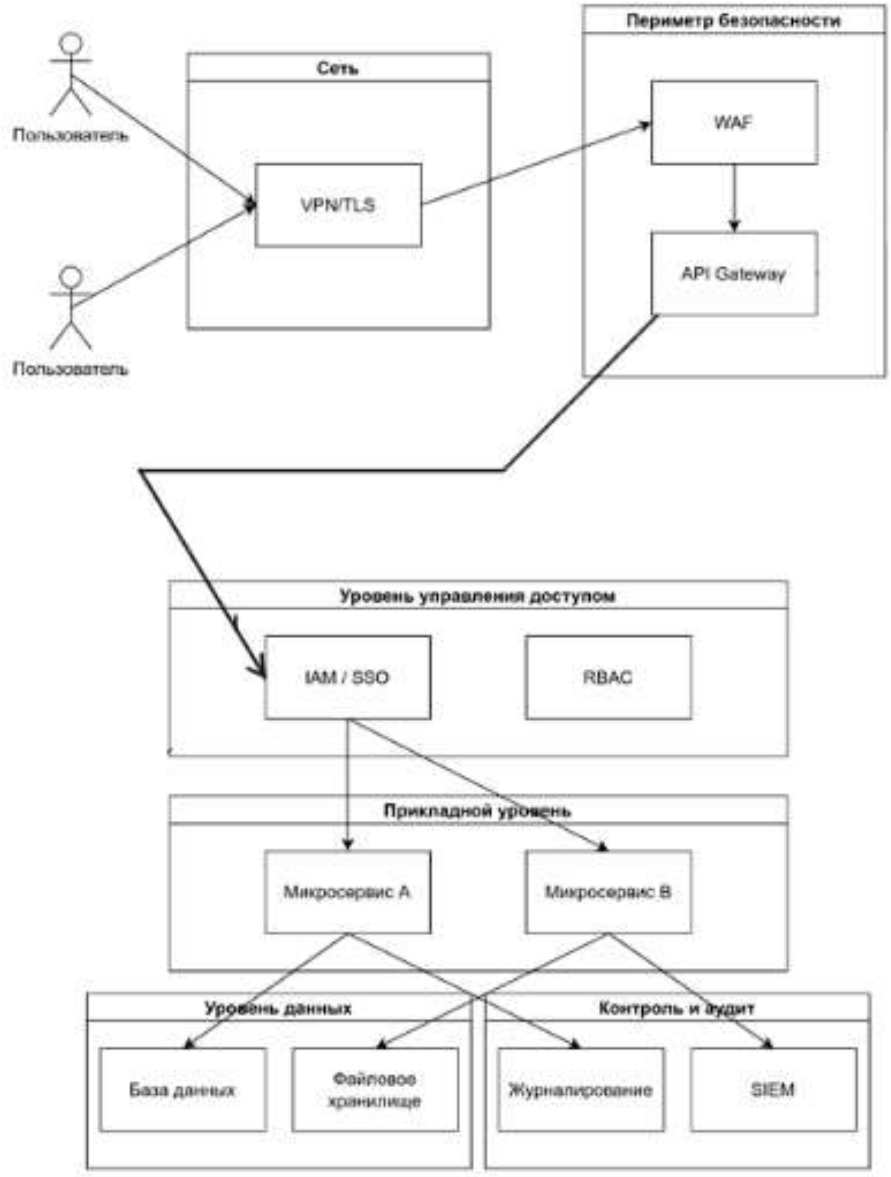


Рисунок 1. Архитектурно-логическая модель обеспечения информационной безопасности распределённой информационной системы

Инфраструктура распределённой системы играет ключевую роль в обеспечении её защищённости. Одним из основных механизмов является использование защищённых каналов связи, реализуемых посредством технологий виртуальных частных сетей, обеспечивающих шифрование передаваемых данных. Централизованная аутентификация пользователей позволяет реализовать единые политики доступа и снизить вероятность

компрометации учётных данных. Использование систем каталогов и механизмов единого входа обеспечивает удобство и безопасность работы пользователей. Дополнительным элементом защиты является резервирование и репликация данных, позволяющие обеспечить сохранность информации и восстановление системы в случае сбоев [7].

Существенным требованием к защищённой инфраструктуре является сегментация сетевого пространства и выделение доверенных контуров взаимодействия. Разделение внутренних и внешних сервисов, административных интерфейсов и пользовательских подключений позволяет снизить вероятность горизонтального распространения атаки внутри системы. В условиях распределённой архитектуры такая сегментация должна дополняться фильтрацией трафика, использованием межсетевых экранов и ограничением доступа к критически важным ресурсам только для авторизованных узлов и пользователей. Это особенно важно при работе с удалёнными филиалами, облачными платформами и гибридной инфраструктурой.

Не менее значимым элементом является обеспечение отказоустойчивости механизмов безопасности. Система защиты не должна становиться единственной точкой отказа, поскольку недоступность сервисов аутентификации, журналирования или криптографической защиты способна нарушить функционирование всей распределённой системы. В связи с этим при проектировании необходимо предусматривать резервирование ключевых компонентов безопасности, дублирование каналов связи и возможность безопасного восстановления после сбоев. Такая организация инфраструктуры позволяет совместить требования доступности и защищённости без снижения эксплуатационной устойчивости системы.

Одним из ключевых аспектов информационной безопасности является управление доступом к ресурсам системы. Применение ролевой модели позволяет разграничить права пользователей в зависимости от их функций и минимизировать риск несанкционированного доступа. Важным принципом является предоставление пользователям минимально необходимого уровня доступа, что снижает вероятность злоупотреблений и ошибок. Защита данных обеспечивается посредством шифрования как при передаче, так и при хранении информации. Дополнительно используются механизмы электронной подписи, позволяющие гарантировать подлинность и целостность документов.

Организационные меры играют не менее важную роль, чем технические средства защиты. Существенным элементом является управление рисками, включающее выявление потенциальных угроз и разработку мер по их

минимизации. Контроль действий пользователей и системных компонентов осуществляется посредством журналирования, что позволяет выявлять инциденты безопасности и проводить их анализ.

Организационный контур защиты должен включать регламентирование действий пользователей, администраторов и технических специалистов при работе с распределённой системой. Практика показывает, что даже при наличии развитых технических средств значительная доля инцидентов связана с нарушением внутренних процедур, неправильной настройкой сервисов, использованием слабых паролей или несвоевременным обновлением программного обеспечения. Поэтому важным условием является формализация правил доступа, ответственности сотрудников и порядка реагирования на события информационной безопасности. Наличие утверждённых регламентов обеспечивает единообразное применение мер защиты и снижает зависимость уровня безопасности от человеческого фактора.

Кроме того, важное значение имеет обучение персонала и развитие культуры информационной безопасности. Пользователи распределённых систем должны понимать основные угрозы, связанные с удалённым доступом, обработкой чувствительных данных, использованием внешних носителей и сетевых сервисов. Регулярное информирование сотрудников о типовых сценариях атак, включая фишинг, социальную инженерию и компрометацию учётных записей, позволяет снизить вероятность успешной реализации таких угроз. В результате организационные меры становятся не вспомогательным, а полноценным элементом общей системы защиты распределённой информационной системы.

Эффективная защита распределённых информационных систем достигается только при интеграции различных методов обеспечения безопасности. Архитектурные решения должны сочетаться с инфраструктурными и организационными мерами, формируя единую систему защиты. Такой подход позволяет обеспечить устойчивость системы к внешним и внутренним угрозам, повысить надёжность её функционирования и обеспечить соответствие современным требованиям информационной безопасности.

Таким образом, в условиях роста сложности распределённых информационных систем обеспечение информационной безопасности становится одной из ключевых задач при их проектировании. Проведённый анализ показал, что наиболее эффективным является комплексный подход, включающий архитектурные, инфраструктурные и организационные меры защиты. Реализация данных методов позволяет повысить уровень

защищённости системы, снизить риски утечек информации и обеспечить стабильную работу распределённой инфраструктуры.

Следует отметить, что обеспечение информационной безопасности на этапе проектирования является более эффективным, чем последующее устранение выявленных недостатков в уже функционирующей системе. Интеграция требований безопасности в архитектурные решения, модели доступа, механизмы обработки данных и инфраструктурные схемы позволяет изначально сформировать устойчивую и управляемую среду функционирования. Такой подход соответствует современному пониманию безопасности как неотъемлемого свойства системы, а не набора внешних защитных средств. В распределённых информационных системах это особенно важно, поскольку высокая степень связанности компонентов и сложность сетевых взаимодействий существенно увеличивают цену проектных ошибок.

Список литературы:

1. Implementing Single Sign-On (SSO) and Remote Access Controls in Modern Distributed Systems // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. — 2024. [Электронный ресурс] — URL: https://www.academia.edu/127389174/Securing_Remote_Work_Environments_Implementing_Single_Sign_On_SSO_and_Remote_Access_Controls_to_Mitigate_Cyber_Threats

2. Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G. Distributed Systems: Concepts and Design. — 5th ed. — Boston: Addison-Wesley, 2011. — 1024 p.

3. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. — Geneva: ISO, 2022.

4. NIST SP 800-53 Rev. 5. Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations. — Gaithersburg: NIST, 2020. [Электронный ресурс] — URL: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-53r5.pdf

5. Таненбаум Э. С., Ван Стеен М. Распределённые системы: принципы и парадигмы. — СПб.: Питер, 2019. — 1008 с.

6. Проектирование распределённых информационных систем обработки больших объёмов данных в гибридной облачной инфраструктуре // ResearchGate [Электронный ресурс] — URL: https://www.researchgate.net/publication/268832170

7. Mortagua D., Zuquete A., Salvador P. VPN User Authentication Using Centralized Identity Providers // ICNS, 2023. [Электронный ресурс] — URL: https://www.researchgate.net/publication/369884640_VPN_User_Authentication_Using_Centralized_Identity_Providers

8. Обзор архитектурных подходов к построению распределённых систем обработки данных // ResearchGate [Электронный ресурс] — URL: https://www.researchgate.net/publication/268832170.

УДК 004.8:005.8

Никитина Ю. П.
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Россия

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ IT-ПРОЕКТАМИ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения технологий искусственного интеллекта в управлении IT-проектами в условиях цифровой трансформации экономики. Проанализированы основные направления внедрения интеллектуальных систем в процессы планирования, мониторинга и контроля реализации проектов. Рассматриваются возможности применения методов машинного обучения и анализа данных для повышения эффективности проектного управления. Определены преимущества и ограничения внедрения технологий искусственного интеллекта в управление IT-проектами. Особое внимание уделяется вопросам повышения эффективности распределения ресурсов, управления рисками и поддержки принятия управленческих решений. Сделан вывод о том, что использование интеллектуальных технологий способствует повышению эффективности реализации проектов и снижению неопределенности в процессе управления.
Ключевые слова: искусственный интеллект, управление проектами, IT-проекты, цифровая трансформация, интеллектуальные системы, проектный менеджмент.

В условиях ускоряющейся цифровой трансформации экономики особую значимость приобретает эффективное управление IT-проектами, направленными на разработку и внедрение цифровых технологий [1]. Реализация таких проектов характеризуется высокой сложностью, большим количеством взаимосвязанных процессов и значительным уровнем неопределенности. В связи с этим традиционные методы проектного управления требуют совершенствования и дополнения современными интеллектуальными инструментами анализа данных.

Одной из ключевых технологических тенденций последних лет является развитие технологий искусственного интеллекта, позволяющих автоматизировать обработку информации, прогнозирование и поддержку принятия управленческих решений. По мнению ряда исследователей, внедрение интеллектуальных систем способно существенно повысить эффективность управления проектами за счет анализа больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей в процессе реализации проектов [5].

Особое значение использование искусственного интеллекта приобретает в сфере управления IT-проектами, где необходимо учитывать множество факторов, включая технологические риски, динамику требований заказчиков и ограниченность ресурсов [7]. Применение алгоритмов машинного обучения и аналитических платформ позволяет повысить точность планирования и обеспечить более эффективный контроль реализации проектов.

В научной литературе подчеркивается, что интеграция технологий искусственного интеллекта в процессы управления проектами является важным направлением развития современного менеджмента, способствующим повышению эффективности деятельности организаций [6].

Целью исследования является анализ возможностей и особенностей применения технологий искусственного интеллекта в управлении IT-проектами.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Исследовать современные тенденции развития проектного управления в условиях цифровизации экономики.
2. Определить основные направления применения технологий искусственного интеллекта в управлении IT-проектами.
3. Выявить преимущества и ограничения использования интеллектуальных систем в проектном менеджменте.
4. Определить перспективы развития технологий искусственного интеллекта в сфере управления проектами.

Научная новизна исследования заключается в комплексной систематизации направлений применения искусственного интеллекта в управлении IT-проектами, а также в выявлении взаимосвязи между уровнем цифровизации проектной среды и эффективностью использования интеллектуальных технологий. В работе обосновано, что наибольший эффект достигается при интеграции искусственного интеллекта в ключевые этапы жизненного цикла проекта — от планирования до мониторинга и принятия управленческих решений.

В условиях цифровизации экономики происходит системная трансформация проектного управления, связанная с переходом от регламентированных и статичных моделей к динамическим, адаптивным и данными-ориентированным подходам. Данный процесс обусловлен широким внедрением цифровых технологий, включая облачные вычисления, системы обработки больших данных и платформенные решения, обеспечивающие непрерывный сбор и анализ информации о ходе реализации проектов [10].

Современные исследования показывают, что ключевой тенденцией является смещение акцента с постфактум-контроля на предиктивное управление, основанное на анализе данных [5]. Это позволяет не только фиксировать отклонения, но и прогнозировать их возникновение, что существенно повышает управляемость проектных процессов и снижает уровень неопределенности.

Дополнительно наблюдается активное распространение гибких методологий управления проектами, таких как Agile и Scrum, которые обеспечивают итеративность и адаптивность разработки [6]. Их интеграция с цифровыми инструментами создает предпосылки для формирования гибридных моделей управления, сочетающих элементы классического и гибкого подходов.

Отдельного внимания заслуживает формирование цифровых экосистем управления проектами, в рамках которых происходит интеграция различных инструментов планирования, мониторинга и аналитики. Такие экосистемы обеспечивают сквозную цифровизацию проектной деятельности и способствуют повышению эффективности взаимодействия между участниками проекта [1].

Применение технологий искусственного интеллекта в управлении IT-проектами охватывает ключевые этапы жизненного цикла проекта и направлено на повышение точности и обоснованности управленческих решений [3]. Одним из приоритетных направлений является интеллектуализация процессов планирования, при которой используются алгоритмы машинного обучения для анализа исторических данных и формирования прогнозов сроков выполнения задач и потребности в ресурсах.

Существенное значение имеет использование искусственного интеллекта в календарно-сетевом планировании, где учитываются множественные параметры, включая сложность задач, взаимозависимости между ними, а также уровень загрузки исполнителей. Это позволяет формировать более реалистичные графики выполнения проектов и снижать вероятность возникновения критических отклонений [7].

Еще одним значимым направлением является интеллектуальный мониторинг реализации проектов [2]. Современные аналитические системы способны в режиме реального времени обрабатывать данные о ходе выполнения работ, выявлять отклонения от плановых показателей и формировать сигналы о потенциальных рисках. Это обеспечивает переход к проактивному управлению проектами.

Кроме того, активно развиваются системы поддержки принятия решений, основанные на методах искусственного интеллекта [11]. Такие системы

позволяют учитывать многокритериальные зависимости и формировать рекомендации по оптимизации управленческих действий, что особенно важно в условиях высокой сложности и неопределенности IT-проектов.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в проектный менеджмент сопровождается значительными положительными эффектами, связанными с повышением эффективности управленческих процессов [5]. В первую очередь это касается повышения точности планирования и прогнозирования, что достигается за счет использования алгоритмов анализа больших данных и выявления скрытых закономерностей.

Дополнительным преимуществом является автоматизация рутинных операций, включая сбор, обработку и анализ информации о ходе реализации проектов. Это позволяет снизить нагрузку на управленческий персонал и сосредоточить внимание на стратегических аспектах управления.

Особое значение имеет повышение качества управления рисками. Использование интеллектуальных систем позволяет выявлять потенциальные угрозы на ранних этапах реализации проектов и формировать рекомендации по их минимизации, что способствует повышению устойчивости проектной деятельности [8].

Вместе с тем внедрение искусственного интеллекта сопряжено с рядом ограничений. Одной из ключевых проблем является зависимость эффективности интеллектуальных систем от качества исходных данных. Низкое качество данных может привести к формированию некорректных прогнозов и снижению эффективности управления [12].

Кроме того, значительные сложности связаны с интеграцией интеллектуальных решений в существующие системы управления проектами, а также с необходимостью трансформации организационных процессов [1]. Существенным фактором также является дефицит специалистов, обладающих компетенциями в области анализа данных и машинного обучения, что ограничивает масштаб внедрения данных технологий.

Перспективы развития технологий искусственного интеллекта в управлении проектами связаны с дальнейшей интеллектуализацией и автоматизацией управленческих процессов. В частности, ожидается развитие предиктивных и прескриптивных моделей управления, позволяющих не только прогнозировать развитие проектных ситуаций, но и формировать оптимальные управленческие решения [4].

Развитие методов машинного обучения и аналитики больших данных будет способствовать созданию более точных моделей оценки сроков, стоимости и рисков проектов [3]. Это позволит повысить обоснованность управленческих решений и снизить влияние субъективных факторов.

В долгосрочной перспективе возможно формирование полностью цифровых систем управления проектами, функционирующих на основе искусственного интеллекта [9]. В таких системах интеллектуальные алгоритмы будут выполнять функции координации, анализа и поддержки принятия решений, обеспечивая высокий уровень автономности управления.

Вместе с тем развитие данных технологий требует решения ряда методологических и организационных задач, включая стандартизацию подходов к использованию искусственного интеллекта, обеспечение качества данных и учет этических аспектов применения интеллектуальных систем.

Проведенное исследование позволило системно проанализировать особенности и направления применения технологий искусственного интеллекта в управлении IT-проектами в условиях цифровой трансформации экономики. В ходе работы установлено, что интеграция интеллектуальных технологий приводит к качественной трансформации проектного управления, обеспечивая переход от реактивных к проактивным и предиктивным моделям управления проектной деятельностью.

Выявлено, что использование методов машинного обучения и анализа больших данных способствует повышению точности планирования, эффективности распределения ресурсов и результативности управления рисками. При этом ключевым фактором повышения эффективности проектного управления становится способность интеллектуальных систем обрабатывать значительные объемы разнородной информации и выявлять скрытые закономерности, недоступные традиционным методам анализа.

Установлено, что эффективное внедрение технологий искусственного интеллекта требует решения ряда методологических и организационных задач, включая обеспечение качества данных, развитие цифровой инфраструктуры и подготовку квалифицированных специалистов. Данные ограничения определяют направления дальнейших исследований в области интеграции интеллектуальных технологий в проектное управление.

Таким образом, развитие технологий искусственного интеллекта выступает одним из ключевых факторов трансформации современного проектного менеджмента. Их дальнейшее внедрение будет способствовать формированию интеллектуально-ориентированных моделей управления проектами, обеспечивающих повышение эффективности, адаптивности и устойчивости проектной деятельности в условиях цифровой экономики.

Список литературы

1. Агаповичева Я.А. Тенденции и перспективы проектного управления в условиях парадигмы искусственного интеллекта // Индустриальная экономика. – 2024. – № 4. – С. 95-101. – DOI: 10.47576/2949-1886.2024.4.4.013

2. Бережных М.В., Гвоздь А.А. Роль AI в современном проектном управлении // Дискуссия. – 2025. – № 7 (140). – С. 216-220. – DOI: 10.46320/2077-7639-2025-7-140-216-220

3. Калашникова И.В., Несмеянов Д.В. Использование искусственного интеллекта при принятии управленческих решений в проектном менеджменте // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 12-2 (87). – С. 205-210. – DOI: 10.24412/2500-1000-2023-12-2-205-210

4. Лебедева Е.О. Роль искусственного интеллекта в автоматизации процессов принятия решений в проектном менеджменте // Путеводитель предпринимателя. – 2025. – Т. 18, № 1. – С. 65-72. – DOI: 10.24182/2073-9885-2025-18-1-65-72

5. Мирзаянц К.С., Воробьева О.А., Головина О.Д. Искусственный интеллект в управлении проектами: тренды, возможности, первый опыт // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2025. – Т. 35, № 4. – С. 615-621. – DOI: 10.35634/2412-9593-2025-35-4-615-621

6. Мусаева А. Искусственный интеллект в проектном управлении: возможности и вызовы // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2024. – № 9. – С. 324-328. – DOI: 10.26118/2782-4586.2024.50.45.066

7. Орлов А.И. Искусственный интеллект: экспертные оценки: Учебник. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 436 с.

8. Особенности применения искусственного интеллекта в управлении проектами / К.А. Мызрова, Ю.Н. Захарова, И.П. Фадеева, О.В. Качагина // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19, № 4. – С. 1019-1036. – DOI: 10.18334/ce.19.4.122879

9. Стрелина Е.Н. использование искусственного интеллекта в управлении проектами // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. – 2024. – № 2. – С. 98-107. – DOI: 10.5281/zenodo.14192018

10. Фютик И.Г. Современные направления применения технологий искусственного интеллекта в сфере внутреннего водного транспорта // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2025. – Т. 1, № 1. – С. 146-154. – DOI: 10.33764/2618-981X-2025-1-1-146-154

11. Ягнюк И.М. Роль интеллектуальных систем поддержки принятия решений в формировании и реализации стратегии организации // Новое в экономической кибернетике. – 2025. – № 3. – С. 272-286. – DOI: 10.5281/zenodo.17850075

12. Menshikova M.S., Bonacci I., Scrozza D. Project management and artificial intelligence: analyzing the project managers' perception. *Human Progress,* 2024, vol. 10, no. 3, pp. 7-23. DOI: 10.34709/IM.1103.7

УДК 621

Колчин М.В., Першуков Т.С.
Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВИБРАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация. С использованием методов математического моделирования проведены исследования, направленные на анализ процесса формирования изображения тестового участка контролируемого объекта в условиях вибрационного воздействия, а также на восстановление траектории вибрационного перемещения на основе обработки изображений, содержащих вибрационные искажения.

В работе выполнен подробный анализ задач, связанных с определением параметров вибрации посредством обработки изображений круглого тестового элемента. Предложена авторская концепция построения информационно-измерительной системы, предназначенной для диагностики предаварийных состояний объектов на основе вибрационных характеристик. Рассмотрены этапы формирования и последующей обработки видеопотоков, поступающих от регистрирующего модуля системы. Представлена обобщённая характеристика существующих подходов к определению геометрических параметров изображений тестового элемента.

Подробно описаны методы восстановления параметров вибрации и алгоритмы выявления предаварийных состояний объектов. Обоснованы основные задачи калибровки разработанной системы, сформулированы принципы проведения калибровочных измерений, а также определены критерии выбора эталонного измерительного прибора для их реализации. Показано, что предложенный метод обеспечивает возможность измерения параметров вибрации в существенно более широком частотном диапазоне по сравнению с традиционными виброметрами и другими известными средствами виброметрии.

Кроме того, разработанная система позволяет осуществлять анализ вибраций при произвольных траекториях движения объекта, что выгодно отличает её от эталонных виброметров и большинства существующих измерительных решений.

Предложен оригинальный способ выявления предаварийных состояний объектов как техногенного, так и природного характера. Описана архитектура информационно-измерительной системы, обеспечивающей реализацию данного подхода. Также продемонстрированы расширенные функциональные возможности разработанного комплекса по сравнению с существующими системами вибрационного контроля.

Ключевые слова: идентификация состояния объекта, круглая метка, вибрационная диагностика, изображение, размытие, приращение.

Введение

Актуальность исследования определяется возрастающей информативностью методов вибрационного контроля, что позволяет существенно снизить вероятность пропуска предаварийных состояний оборудования. В рамках данной работы (раздел «Материалы и методы») с применением математического моделирования были исследованы процессы формирования вибрационного размытия изображения тестового элемента контролируемого объекта, а также разработан подход к восстановлению траектории его вибрационного перемещения на основе анализа искажённого изображения.

Указанные обстоятельства обусловливают актуальность выбранной темы исследования.

Цель настоящей статьи заключается в анализе и изучении методов диагностики вибрационных состояний технологического оборудования и машин.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

– исследовать процессы информационно-энергетических преобразований в датчиковом узле;

– рассмотреть особенности формирования и обработки видеопотоков информации;

– описать принципы формирования кортежей приращений геометрических характеристик изображений тестового элемента;

– провести анализ методов восстановления параметров вибрации и идентификации предаварийных состояний объектов.

Методологическая основа исследования базируется на интеграции и синтезе различных подходов вибрационной диагностики, применяемых для выявления предаварийных состояний техногенных систем.

Объектом исследования выступают вибрационные процессы, возникающие в технологических машинах и оборудовании.

Одним из ключевых направлений технической диагностики является разработка критериев выявления неисправностей транспортных средств на основе анализа параметров виброакустических сигналов. Совершенствование методов неразрушающего контроля и диагностики играет важную роль в повышении эффективности технического обслуживания: оно позволяет своевременно обнаруживать потенциальные дефекты, предотвращать аварийные отказы и прогнозировать дальнейшую работоспособность оборудования с целью максимально полного использования его ресурса.

Следует отметить, что не все методы неразрушающего контроля обладают универсальностью. В этой связи особое место занимает виброакустический метод, который широко применяется для оценки технического состояния электрооборудования транспортных средств. Его эффективность обусловлена высокой чувствительностью к изменениям состояния объекта, проявляющимся в характеристиках вибрационных процессов, а также способностью выявлять скрытые дефекты на ранних стадиях их развития. Сущность метода заключается в анализе вибрационных сигналов, где по амплитуде гармонических составляющих различных частот можно судить о техническом состоянии объекта.

Для повышения надёжности и увеличения срока службы транспортных средств важное значение имеет вибродиагностика электродвигателей. При этом результаты диагностики во многом зависят от выбранного метода анализа. На практике для оценки состояния роторов широко применяются такие методы, как анализ ПИК-фактора, спектра огибающей, ударных импульсов и прямого спектра.

Метод ПИК-фактора позволяет выявлять начальные стадии дефектов [15] и отличается простотой реализации. Однако к его недостаткам относятся низкая помехоустойчивость и неопределённость результатов, обусловленная наличием в сигнале белого шума [17].

Метод спектральной огибающей используется для анализа медленно изменяющихся энергетических характеристик в условиях быстро протекающих процессов. Его преимуществом является высокая чувствительность, однако он требует значительных вычислительных ресурсов и дорогостоящего оборудования. Кроме того, достоверность получаемых результатов, как правило, не превышает 60%.

Метод ударных импульсов основан на регистрации изменений параметров механических волн, возникающих при соударении тел. Он отличается простотой применения и сравнительно низкой стоимостью, однако характеризуется значительной погрешностью при определении конкретных дефектов и низкой устойчивостью к помехам.

Метод прямого спектра базируется на анализе вибрационного спектра сигнала. Его основными преимуществами являются высокая информативность и устойчивость к помехам, а также возможность прогнозирования остаточного ресурса оборудования по выявленным дефектам. В то же время данный метод требует тщательного выбора диагностических частот при установке датчиков. Благодаря своим характеристикам он широко применяется в экспертных системах вибрационной диагностики [18].

Надёжность и эффективность эксплуатации промышленного оборудования определяется совокупностью факторов, среди которых особое значение имеют конструктивные особенности агрегатов, соблюдение технологических процессов при их изготовлении, корректность монтажа и ремонта, а также условия и режимы их практического использования.

Систематический контроль технического состояния оборудования позволяет своевременно выявлять возникающие дефекты и планировать проведение ремонтных или профилактических работ с минимальными потерями для производственного процесса. Такой подход способствует предотвращению аварийных ситуаций, снижению внеплановых простоев и оптимизации эксплуатационных затрат.

Одним из наиболее распространённых и информативных методов контроля является вибрационная диагностика. Данный метод основан на оценке технического состояния машин и механизмов по параметрам виброакустических сигналов. С его помощью возможно выявление дефектов различных элементов оборудования, включая роторные узлы, опорные конструкции, элементы статора, подшипники скольжения и качения, зубчатые и ременные передачи, а также другие вращающиеся детали, испытывающие динамические нагрузки или являющиеся их источниками.

Методы обработки вибрационных сигналов условно подразделяются на две основные группы.

К первой группе относятся методы, основанные на анализе интегральных характеристик сигнала в целом. К таким параметрам можно отнести, например, среднеквадратическое значение (СКЗ) виброускорения, виброскорости или виброперемещения.

Ко второй группе относятся методы, предусматривающие выделение отдельных составляющих вибрационного сигнала и последующий анализ их характеристик. В этом случае рассматриваются, в частности, амплитуды гармонических компонентов, соответствующих определённым характерным частотам, связанным с работой исследуемого оборудования.

Рассмотрим указанные группы методов более подробно. Следует отметить, что в современных условиях обработка вибрационных сигналов осуществляется преимущественно в цифровой форме. Это означает, что сигнал представляется в виде дискретной последовательности отсчётов, равномерно распределённых во времени.

Методы первой группы.

При использовании методов данной категории в качестве основных характеристик сигнала применяются его обобщённые параметры, такие как:

Общее среднеквадратическое значение сигнала, определяемое по формуле:

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(a_i)^2/N} \quad (1)$$

где R – значение СКЗ;

a_i – i-тый отсчет сигнала

N – общее количество отсчетов.

Пиковое значение сигнала:

$$P = \max_{i=1}^{N} |a_i| \quad (2)$$

где P – пиковое значение сигнала;

Пик-фактор, который является отношением пикового значения сигнала к его среднеквадратическому значению и вычисляется по формуле:

$$C = P/R \quad (3)$$

Как правило, перечисленные параметры определяются во временной области сигнала. Они широко используются для обнаружения дефектов оборудования, анализа динамики их развития, а также для принятия решений о целесообразности вывода агрегатов в ремонт или проведения планового технического обслуживания.

Однако применение временных характеристик вибрации имеет ряд ограничений. В частности, такие параметры не позволяют с высокой точностью определить конкретный тип неисправности или локализовать дефектный узел. Например, одинаковое значение среднеквадратического виброускорения может быть обусловлено различными причинами: либо наличием одной гармонической составляющей с большой амплитудой, либо совокупностью нескольких гармоник с меньшими амплитудами. В обоих случаях итоговое значение параметра будет одинаковым, однако физическая природа вибрационного процесса – различной.

В связи с этим в современных системах вибрационной диагностики всё большее распространение получают методы второй группы, основанные на

анализе сигнала в частотной области. Такие подходы позволяют значительно повысить информативность диагностики и точность идентификации дефектов.

Методы второй группы.

Ключевым инструментом анализа вибрационных сигналов в частотной области является спектральное представление сигнала. Спектр позволяет разложить исходный сигнал на отдельные частотные компоненты, каждая из которых соответствует определённому физическому процессу, происходящему в оборудовании.

Как показывает анализ, в спектральном представлении отдельные частотные составляющие чётко разделены и визуально различимы, а их амплитудные значения могут быть точно определены. В отличие от этого, при рассмотрении сигнала во временной области подобная информация оказывается «смешанной», что существенно затрудняет её интерпретацию и делает выделение отдельных составляющих практически невозможным без дополнительных преобразований.

Таким образом, использование частотного анализа обеспечивает более глубокое понимание структуры вибрационного сигнала и позволяет выявлять характерные признаки дефектов, недоступные при анализе только временных характеристик.

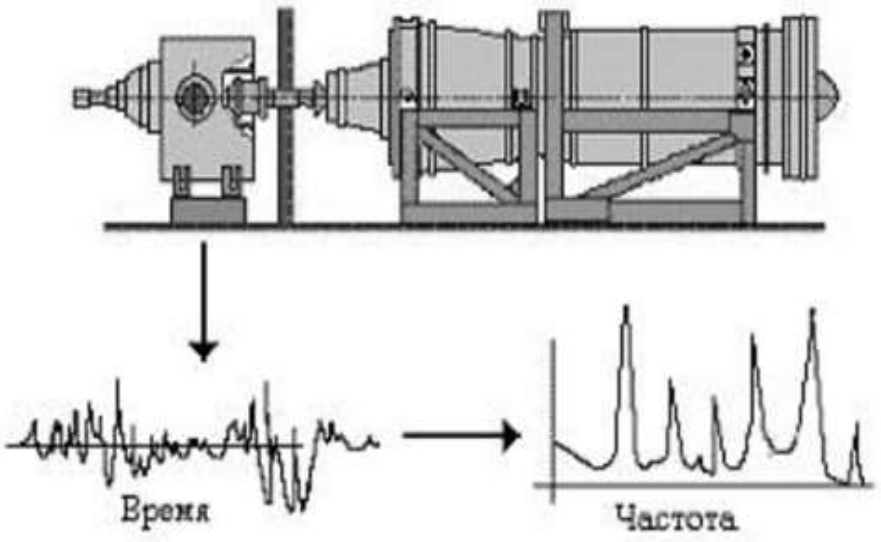


Рисунок 1 – Вибрация во временной и частотной областях

Для построения спектральной характеристики вибрационного сигнала его фрагмент предварительно подвергается оцифровке. Далее к полученной дискретной последовательности отсчётов применяется оконная функция, позволяющая уменьшить искажения, связанные с конечной длиной анализируемого сигнала. После этого выполняется быстрое преобразование

Фурье, в результате чего временная реализация сигнала переводится в частотную область.

Набор частот, подлежащих анализу, определяется конструктивными особенностями оборудования, а также характером диагностируемых неисправностей. Так, при контроле состояния подшипников качения рассчитывается ряд характерных частот, каждая из которых связана с определённым элементом подшипникового узла:

- f_1 – оборотная частота вращения в Гц;
- f_{sep} – частота варащения сепаратора;
- f_{rb} – частота вращения тел качения;
- f_{out}, f_{inner} – частоты прохождения тел качения по наружному и внутреннему кольцам соответственно.

Появление в спектре вибрационного сигнала определённых частотных компонентов или их комбинаций является диагностическим признаком наличия конкретного дефекта. Таким образом, анализ спектра позволяет установить взаимосвязь между наблюдаемыми частотами и техническим состоянием узлов оборудования.

В таблице ниже приведены примеры соответствия характерных частот и возможных дефектов, возникающих в подшипниковых узлах.

Таблица 1. Примеры соответствия частот спектра проявляющимся дефектам

Описание дефекта	Частоты
Неуравновешенность, разностенность, перекос вращающегося кольца относительно неподвижного (внутреннего или наружного), несоосность вала и вращающегося кольца, неравномерный износ вращающегося кольца	f_1
Овальность, перекос, неравномерный износ вращающегося кольца	$2\ f_1$
Расцентровка обоймы подшипника	f_{sep}; $2\ f_1$
Гранность, некруглость дорожек качения, износ, раковины, трещины вращающегося кольца	$n\ f_1$; n=3,4,5...

Современные системы вибрационной диагностики обеспечивают возможность расчёта как интегральных характеристик сигнала, так и параметров, основанных на анализе отдельных спектральных составляющих.

Это позволяет существенно повысить точность оценки технического состояния оборудования и расширить диагностические возможности.

На сегодняшний день вибродиагностические приборы представляют собой комплексные устройства, включающие несколько ключевых функциональных модулей:

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП), обеспечивающий преобразование сигналов, поступающих от вибродатчиков, в цифровую форму;

– центральный процессор, выполняющий вычисление диагностических показателей и обработку данных;

– модули настройки и сигнализации, предназначенные для конфигурирования системы и оповещения о выходе параметров за допустимые пределы.

В зависимости от условий эксплуатации и назначения данные устройства подразделяются на стационарные и портативные.

Стационарные системы устанавливаются непосредственно вблизи контролируемого оборудования и предназначены для непрерывного мониторинга его состояния в течение длительного времени. Такие комплексы позволяют в режиме реального времени отслеживать изменения параметров вибрации и своевременно реагировать на появление отклонений.

Портативные приборы, напротив, используются для последовательного контроля нескольких объектов. Измерения выполняются с заданной периодичностью, что делает такие устройства удобными при проведении плановых диагностических обследований.

В качестве примера стационарного решения можно рассмотреть систему вибрационного мониторинга ВС-357. Данный комплекс предназначен для накопления, обработки и анализа информации о состоянии промышленного оборудования. Он обеспечивает выявление дефектов, предупреждение аварийных ситуаций, а также формирование сигналов о необходимости проведения ремонтных работ. Устройство устанавливается на DIN-рейку, что облегчает его интеграцию в существующие системы автоматизации.

Система ВС-357 обеспечивает контроль следующих параметров:

– среднеквадратических значений виброускорения, виброскорости и виброперемещения в заданных частотных диапазонах;

– пиковых значений виброускорения за определённый временной интервал;

– значений СКЗ или амплитуд указанных параметров на оборотной частоте и её гармониках;

– значений СКЗ или амплитуд на произвольном наборе частотных составляющих.

В качестве примера портативного решения можно привести универсальный диагностический комплекс ВС-311. Он предназначен для выполнения широкого спектра задач, связанных с исследованием и оценкой технического состояния машин и механизмов, включая регистрацию и анализ вибрационных и акустических сигналов различной природы. В состав комплекса входят портативный регистратор-анализатор и комплект датчиков, что обеспечивает его универсальность.

Благодаря малой массе (около 2,2 кг), автономному питанию (до 8 часов работы от аккумулятора) и защищённому исполнению (металлический корпус, степень защиты IP65), комплекс ВС-311 может эффективно использоваться как в лабораторных, так и в полевых условиях. Диапазон рабочих температур от −30 до +60 °C делает его пригодным для эксплуатации в различных климатических условиях.

Функциональные возможности ВС-311 во многом совпадают с характеристиками стационарной системы ВС-357, однако дополнительно он поддерживает цифровую фильтрацию входного сигнала. Использование фильтров с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ и БИХ) позволяет подавлять паразитные шумы и тем самым повышать точность анализа вибрационных процессов.

Таким образом, современные вибродиагностические комплексы представляют собой многофункциональные системы, обеспечивающие как непрерывный мониторинг, так и гибкие диагностические исследования, что существенно расширяет возможности контроля технического состояния оборудования.

Результаты

Информация о текущем состоянии техногенных и природных объектов позволяет прогнозировать возможный выход оборудования из строя, развитие аварийных ситуаций или возникновение природных катастроф, а также своевременно принимать необходимые предупредительные меры. Среди различных типов сигналов, характеризующих состояние объекта, вибрационный сигнал обладает наибольшей информативностью. Его параметры дают широкие возможности для анализа и прогнозирования, что в конечном итоге способствует повышению уровня надёжности и безопасности контролируемых систем.

Задача обнаружения скрытых, постепенно развивающихся дефектов относится к классу задач выявления сигналов на фоне помех и во многом аналогична проблемам, решаемым в радиолокации [1]. В этой связи для её

решения целесообразно использовать современные вычислительные подходы, включая методы, основанные на применении нейронных сетей и интеллектуальных алгоритмов обработки данных [2].

Вибрационный сигнал содержит значительный объём информации о техническом состоянии объекта. Однако традиционные виброизмерительные системы зачастую не позволяют в полной мере извлечь эту информацию. Это связано с ограниченностью их частотного диапазона, а также с отсутствием возможности комплексной оценки параметров вибрации в трёх взаимно перпендикулярных направлениях [3]. В связи с этим в последние годы активно развивается новый подход – векторная виброметрия.

Сущность данного метода заключается в анализе изображений круглого тестового элемента, подвергшегося вибрационному размытию. Такой подход позволяет перейти от точечных измерений к анализу пространственно распределённой информации. В работе [4] представлены основные принципы построения информационно-измерительной системы, реализующей данный метод. В исследовании [5] рассмотрена зависимость изменения главного линейного сечения изображения круглого фрагмента от амплитуды вибрационного перемещения. Особенности формирования размытого изображения при линейном смещении поверхности объекта изучены в работе [6]. Методика калибровки соответствующей измерительной системы подробно описана в статье [7].

Практическая реализация метода предполагает предварительное нанесение на исследуемую поверхность объекта контроля 1 тестового элемента круглой формы 2 (рис. 2). Изображение данного элемента регистрируется с помощью измерительного устройства 3, в качестве которого может использоваться, например, видеокамера. Оптическая система устройства формирует проекцию непрерывного изображения тестового фрагмента на светочувствительную матрицу, состоящую из множества ячеек. В течение времени экспозиции в каждой из них накапливается сигнал, пропорциональный лучистой энергии, поступающей от соответствующего участка поверхности объекта.

Таким образом, формируется цифровое изображение, содержащее информацию о вибрационном состоянии объекта, которая в дальнейшем может быть использована для анализа параметров вибрации и выявления потенциальных дефектов.

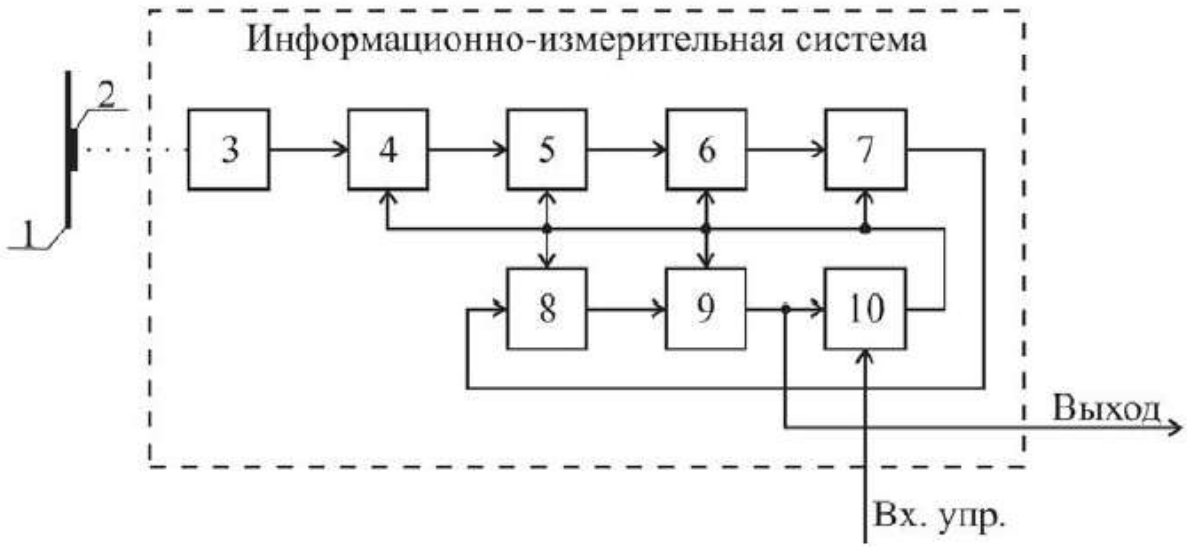


Рисунок 2 – Структура ИИС вибрационной диагностики предаварийных состояний объектов: 1 – исследуемый участок поверхности объекта контроля; 2 – тестовый объект круглой формы; 3 – регистрирующее устройство; 4 – буферный накопитель; 5 – контроллер изображений; 6 – контроллер приращений; 7 – блок статистической обработки числовых последовательностей; 8 – блок восстановления параметров вибрации; 9 – идентификатор состояний объекта контроля; 10 – устройство управления ИИС

Вибрационные процессы приводят к размытию четкого изображения тестового фрагмента:

$$I(x,y) = s(x,y,t) \oplus I_{tag}(x,y,z,t), \quad (4)$$

где I(x,y) – непрерывное распределение интенсивности (яркости) в плоскости изображения тестового фрагмента с вибрационным размытием;

s(x,y,t) – траектория вибрационного перемещения исследуемого элемента поверхности объекта контроля, спроецированная на плоскость объекта регистрирующего устройства;

– оператор дилатации, т.е. дизъюнкции бесконечного множества мгновенных фотографий тестового фрагмента 2, разделенных бесконечно малым временным интервалом в процессе экспозиции регистрирующего устройства 3;

$I_{tag}(x,y,t)$ – непрерывное распределение интенсивности (яркости) в плоскости изображения тестового фрагмента без вибрационного размытия.

Спроецированное объективом регистрирующего устройства 3 на фоточувствительную матрицу этого устройства изображение тестового фрагмента 2 подвергается двумерной пространственной дискретизации. В

каждой ячейке этой матрицы в течение времени экспозиции осуществляется накопление преобразованной лучистой энергии. В результате формируется зарядовый рельеф, соответствующий изображению. Этому зарядовому рельефу соответствует рельеф потенциальный:

$$u(i,j,k) = q(i,j,k) / C(i,j,k), \quad (5)$$

где *u(i, j, k)* – потенциал ячейки фотоприемной матрицы регистрирующего устройства 3, расположенной в строке и столбце этой матрицы с порядковыми номерами i и y соответственно, при формировании изображения, имеющего порядковый номер k в формируемой серии изображений тестового фрагмента 2. Аналого-цифровое преобразование непрерывного напряжения *u(i, j, k)* формирует упорядоченное множество чисел, описывающее серию изображений:

$$d_u(i,j,k) = \left\lfloor \frac{u(i,j,k) - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} 2^n \right\rfloor, \quad (6)$$

где d_u – квантованная яркость пиксела;

i и y – порядковые номера строки и столбца, в которых расположен пиксел, соответственно;

k – порядковый номер изображения в серии; и – исходная непрерывная яркость пиксела;

u_{min} и u_{max} – наименьшее и наибольшее значения напряжения при аналого-цифровом преобразовании;

n – количество разрядов аналого-цифрового преобразования;

[x] – оператор, ставящий в соответствие действительной переменной x наибольшее неотрицательное целое число и, для которого выполняется условие $n \leq x$.

Дискуссия

Регистрирующее устройство 3 (рис. 2) осуществляет формирование видеопотока, представляющего собой последовательность из *K* цифровых изображений, получаемых с заданной периодичностью. Сформированный видеопоток передаётся в буферное запоминающее устройство 4, где осуществляется его временное хранение и последующая обработка.

На этапе буферизации формируются два типа видеопотоков: текущий (актуальный) и эталонный (опорный). Актуальный видеопоток включает *K* кадров, зарегистрированных через равные промежутки времени при

действующем вибрационном режиме, например, в процессе работы контролируемого механизма. В свою очередь, опорный видеопоток содержит такое же количество изображений, полученных с теми же временными интервалами, но в иных условиях, соответствующих опорному состоянию объекта.

В качестве опорного режима может выступать состояние покоя (при выключенном оборудовании) либо режим исправной работы, зафиксированный, например, на этапе ввода механизма в эксплуатацию, когда его техническое состояние считалось эталонным.

Далее видеопотоки, представленные в виде полутоновых изображений, поступают из буферного накопителя 3 в блок бинаризации 4. На этом этапе осуществляется преобразование исходных изображений в бинарный формат, при котором каждому пикселю соответствует одно из двух возможных значений: логическая единица или логический ноль.

Процедура бинаризации реализуется путём сравнения уровня яркости каждого пикселя с заранее заданным пороговым значением. Если интенсивность сигнала превышает установленный порог, соответствующий пиксель принимает значение единицы, в противном случае ему присваивается значение нуля. Такой подход позволяет выделить информативные области изображения и упростить дальнейшую обработку данных:

$$b(i,j,k)=\begin{cases}0, \text{если } d(i,j,k)\le d_{utl},\\ 1, \text{если } d(i,j,k)> d_{utl},\end{cases} \quad (7)$$

b – уровень бинарного изображения (либо единица, либо ноль);

d_{uit} – пороговый уровень яркости изображения.

Сформированные кортежи бинарных изображений далее передаются в контроллер обработки изображений 5. На данном этапе каждое изображение подвергается детальному анализу с использованием одного или нескольких алгоритмов, реализованных на основе решений, описанных в патентах [8–12]. Это позволяет извлекать из изображений количественные характеристики, отражающие изменения формы и структуры тестового фрагмента.

Формирование кортежей приращений геометрических параметров изображений тестового фрагмента.

На выходе контроллера изображений 5 формируются два типа наборов данных – актуальные и опорные кортежи геометрических параметров. Эти кортежи представляют собой совокупности количественных характеристик изображения, полученных в результате его анализа, и отражают текущее и эталонное состояния объекта соответственно.

Далее указанные кортежи поступают в контроллер приращений 6, где осуществляется их сравнительная обработка. В этом модуле формируются кортежи относительных приращений, вычисляемых путём сопоставления соответствующих элементов актуального и опорного наборов, имеющих одинаковые порядковые номера. Результаты такого сравнения, как правило, выражаются в относительных величинах – например, в процентах, что позволяет унифицировать оценку изменений и повысить наглядность интерпретации данных.

Таким образом, формирование кортежей приращений обеспечивает переход от абсолютных значений параметров к их относительным изменениям, что существенно повышает чувствительность системы к отклонениям и позволяет более эффективно выявлять признаки развития дефектов:

$$A_a =< a_{a1}, a_{a2}, ..., a_{ak}, ..., a_{aK} >, \quad (8)$$

A_a – кортеж, составленный из однородных выходных параметров изображений актуального кортежа изображений a_{ak} (таким параметром может быть, например, полудлина следа вибрационного размытия изображения тестового фрагмента);

$$A_o =< a_{o1}, a_{o2}, ..., a_{ok}, ..., a_{oK} >, \quad (9)$$

A_o – кортеж, составленный из однородных выходных параметров изображений опорного кортежа изображений a_{ok} (таким параметром может быть, например, средний радиус изображения тестового объекта при выключенном испытуемом источнике вибрационного сигнала);

$$\delta A_a =< \delta a_{a1}, \delta a_{a2}, ..., \delta a_{ak}, ..., \delta a_{aK} >, \quad (10)$$

где δA_a – кортеж, составленный из приращений однородных выходных параметров изображений актуального кортежа по однородным выходным параметрам изображений опорного кортежа δa_{aK}:

$$\delta a_{ak} = \frac{a_{ak} - a_{ok}}{a_{ok}} \cdot 100\,\%. \quad (11)$$

Контроллер статистической обработки числовых последовательностей 7 выполняет считывание элементов сформированных кортежей приращений и осуществляет их последующий анализ. В рамках данного этапа вычисляются основные статистические характеристики, в частности среднее значение элементов кортежа, а также их среднеквадратическое отклонение. Среднее значение рассматривается как номинальная величина, с которой сопоставляются текущие измеренные параметры. Стандартное отклонение, в свою очередь, используется для оценки значимости выявленных изменений – позволяет определить, являются ли они следствием реальных процессов или находятся в пределах естественной статистической вариативности выборки.

Для принятия диагностического решения применяются методы статистического анализа, включая критерий Стьюдента. В случае, если относительное приращение параметра признаётся статистически значимым, то есть обусловленным особенностями вибрационного процесса, соответствующее среднее значение интерпретируется как инвариант данного параметра.

Контроллер восстановления параметров 8 осуществляет реконструкцию значений контролируемых характеристик на основе результатов предварительно проведённых калибровочных измерений. Такие измерения выполняются с использованием вибростенда, на котором параметры задаются в контролируемых условиях, и эталонного измерительного оборудования, например лазерных виброметров. При этом следует учитывать, что верхняя граница частотного диапазона эталонных приборов существенно ниже тех значений, которые могут наблюдаться в реальных условиях эксплуатации.

Так, в качестве примера можно привести портативный лазерный виброметр PBV-100, позволяющий регистрировать мгновенные значения вибрационной скорости в диапазоне от 0 до 22 кГц. Поскольку данный прибор формирует дискретную последовательность измерений, для определения амплитуды гармонического вибрационного сигнала с погрешностью не более 1% необходимо не менее 100 измерений на один период. Это означает, что при проведении калибровки частота исследуемых колебаний не должна превышать 220 Гц.

Дополнительным ограничением является то, что эталонные измерительные устройства фиксируют лишь одну проекцию вибрационного движения. Например, лазерный виброметр PBV-100, работающий на основе эффекта Доплера, измеряет только проекцию вектора вибрационной скорости на направление своей оптической оси. В связи с этим калибровка информационно-измерительной системы (ИИС), реализующей предложенный

метод, выполняется при условии, что вибрационное движение направлено вдоль данной оси и имеет фиксированную частоту.

После завершения калибровочных процедур система приобретает способность анализировать вибрационные процессы значительно более высокой частоты, а также движения с произвольной траекторией, что существенно расширяет её функциональные возможности по сравнению с традиционными измерительными средствами.

Устройство управления ИИС 10 обеспечивает координацию работы всех функциональных блоков системы. Оно осуществляет считывание пороговых значений для бинаризации и параметров вибрации, соответствующих различным состояниям контролируемого объекта, с внешних источников через вход управления («Вх. упр.» на схеме рис. 1). Кроме того, в данном модуле хранятся калибровочные константы, которые на этапе инициализации системы передаются в соответствующие функциональные блоки. В процессе работы устройство управления выполняет синхронизацию их функционирования, обеспечивая согласованность всех этапов обработки данных.

Выводы

Таким образом, на современном этапе для проведения вибрационной диагностики оборудования в различных отраслях промышленности (энергетике, машиностроении, станкостроении, металлообработке и др.) существует как развитый математический аппарат, так и необходимая техническая база, обеспечивающая реализацию соответствующих методов контроля.

Рассмотренные выше приборы – ВС-311 и ВС-357 – в совокупности формируют универсальный метрологический инструментарий в области вибрационного мониторинга и диагностики. Их совместное применение позволяет реализовать комплексный подход к оценке состояния оборудования.

Использование данных систем создаёт предпосылки для перехода от регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому техническому состоянию, а при соответствующей организации диагностических процессов – к внедрению концепции предиктивного обслуживания. Комплекс ВС-311 и ВС-357 обеспечивает возможность не только текущей оценки состояния оборудования, но и раннего выявления развивающихся дефектов, что позволяет своевременно предотвращать их дальнейшее развитие и минимизировать риск отказов.

В рамках проведённого исследования подтверждена высокая

значимость вибрационного контроля при анализе состояния как техногенных, так и природных объектов, особенно в задачах прогнозирования отказов оборудования, аварийных ситуаций и природных катастроф. Выполнен детальный обзор современных исследований в области векторного измерения вибрационных параметров.

Проанализирована структура информационно-измерительной системы (ИИС), предназначенной для диагностики предаварийных состояний. Обоснованы основные этапы преобразования измерительного сигнала в регистрирующем устройстве, включая формирование зарядового и потенциального рельефа изображения на фоточувствительной матрице. Приведены и рассмотрены соответствующие математические зависимости, описывающие данные процессы.

Отдельное внимание уделено вопросам пространственной дискретизации изображения и квантования уровней яркости. Рассмотрены алгоритмы формирования и обработки первичных видеопотоков, генерируемых регистрирующим модулем ИИС, включая разделение на актуальные и опорные видеопоследовательности.

Также представлены и проанализированы: метод бинаризации изображений в рамках рассматриваемой системы; алгоритмы формирования кортежей приращений геометрических параметров; методы восстановления параметров вибрации и процедуры идентификации предаварийных состояний объектов. Подробно описана методика калибровки ИИС и обоснованы критерии выбора эталонного виброизмерительного оборудования.

Показано, что предложенная система обладает расширенными функциональными возможностями по сравнению с эталонными лазерными виброметрами, основанными на эффекте Доплера, а также другими известными средствами виброизмерений. В частности, она обеспечивает более широкий диапазон анализируемых частот и позволяет учитывать вибрации с произвольной пространственной траекторией движения.

Список литературы:

1. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса.

2. Алёшин Н. П., Ревель-Муроз П. А., Григорьев М. В., Прилуцкий М. А. Новые методы ультразвукового контроля внутритрубной диагностики магистральных нефтепроводов // Сварка и диагностика. 2016. № 1. С. 9–13.

3. Базулин Е. Г. Уменьшение уровня структурного шума при проведении ультразвукового контроля с использованием антенных решеток // Дефектоскопия. 2015. № 9. С. 3–19.

4. Баранов А. В. Диагностика состояния трущихся поверхностей методом ультразвуковой акустической эмиссии // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2014. № 2. С. 55–56.

5. Бардаков В. В., Барат В. А., Терентьев Д. А., Чернов Д. В., Осипов К. О. Особенности применения метода акустической эмиссии при мониторинге мостовых конструкций // Контроль. Диагностика. 2016. № 1. С. 32–39.

6. Бауков А. Ю. Разработка основ дифференциального виброакустического метода контроля многослойных конструкций // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. № 6. С. 126–132.

7. Бауков А. Ю., Павлов С. В. Компьютерное моделирование процессов изгибных колебаний упругих пластин применительно к оптимизации виброакустического метода неразрушающего контроля // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2005. № 5. С. 77–83.

8. Блинов А. В., Максимов П. В., Шиверский А. В., Горохов А. Ю. Определение дефектов и повреждений трубопровода путем анализа волновых процессов методом дискретного преобразования Фурье // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-3 [Электронный ресурс]: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23345>.

9. Борейко Д. А., Быков И. Ю., Смирнов А. Л. Чувствительность метода акустической эмиссии при обнаружении дефектов в трубных изделиях // Дефектоскопия. 2015. № 8. С. 24–33.

10.Верлань А. Ф., Сагатов М. В., Ирмухамедова Р. М., Кадыров М. М. Цифровые системы измерения и обработки сигналов акустической эмиссии // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-25): Сб. тр. 25-й Междунар. науч. конф. Саратов, 29-31 мая 2012. 2012. Т. 6. С. 36–38.

11.Зуев Л. Б., Семухин Б. С., Лунев А. Г. О возможности оценки прочности металлов и сплавов неразрушающим ультразвуковым методом // Прикладная механика и техническая физика. 2002. Т. 43, № 1. С. 202–204.

12.Ивакин С. В., Байтуряков А. В., СивакГ. А. Установка для проведения акустических исследований // Всерос. науч. конф. «Теоретические и методические проблемы эффективного функционирования радиотехнических систем» (Системотехника-2011). Таганрог, 1 ноября 2011. С. 41–46.

13.Иляхинский А. В., Родюшкин В. М. Распределение Дирихле в задаче оценки состояния металла методом акустического зондирования // Дефектоскопия. 2015. № 7. С. 13–16.

14. Капустин В. В., Ушаков А. Л., Бакайкин Д. В. Применение акустических методов для обследования строительных конструкций // Разведка и охрана недр. 2008. № 1. С. 25–28.

15. Капустин В. В. Акустические методы контроля качества свайных фундаментных конструкций // Разведка и охрана недр. 2008. № 12. С. 12–16.

16. Колобов, А.Б. Вибромониторинг промышленных машин: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-инженерия, 2021. 256 с.

17. Коробейников А. Г., Гришенцев А. Ю., Святкина М. Н. Применение интеллектуальных агентов магнитных измерений для мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры // Кибернетика и программирование. 2013. № 3. С. 9–20.

УДК 536.2

Личман У.А., Набиуллин Б.Ш.
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск,Россия

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ: ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается теплопроводность как один из фундаментальных видов переноса теплоты. Анализируется физический механизм этого процесса в различных средах: газах, жидкостях, твердых диэлектриках и металлах. Введены ключевые понятия теории теплообмена, такие как температурное поле, температурный градиент и тепловой поток. Подробно разобран закон Фурье, являющийся основой аналитической теории теплопроводности, и дифференциальное уравнение, описывающее распределение температуры в пространстве и времени. Особое внимание уделено методам экспериментального исследования теплопроводности: стационарным, нестационарным, а также вспомогательным методам термографии и калориметрии. Особое внимание уделено методам экспериментального исследования теплопроводности.
Ключевые слова: теплопроводность, закон Фурье, температурный градиент, коэффициент теплопроводности, температуропроводность, методы измерения.

Введение

Теплообменные процессы занимают центральное место в многообразии природных событий и индустриальных приложений, начиная от функционирования микроэлектронных устройств и заканчивая масштабными атмосферными потоками. Среди базисных механизмов передачи тепла, наряду с конвективными потоками и электромагнитным излучением, выделяется теплопроводность. В отличие от теплообмена посредством излучения, возможного в безвоздушном пространстве, и конвекции, предполагающей движение объемных частиц среды, теплопроводность базируется на молекулярном уровне переноса энергии. Основная задача теории теплообмена сводится к ответам на два фундаментальных вопроса: с какой скоростью распространяется тепловая энергия и как изменяется температурный режим объекта в любой заданный промежуток времени.

Физические механизмы теплопроводности

Механизм переноса тепла при теплопроводности напрямую зависит от агрегатного состояния и строения вещества [1]. В газообразной среде передача тепловой энергии происходит благодаря беспорядочному движению и столкновениям составляющих его молекул. Более энергичные, или «горячие», молекулы, сталкиваясь с менее подвижными, «холодными»,

отдают им часть своей кинетической энергии. В жидкостях и твердых непроводящих материалах, где частицы (атомы или молекулы) упорядочены в определенные структуры, такие как кристаллическая решетка, тепловая энергия распространяется последовательно, посредством взаимодействия между соседними частицами.

Металлы отличаются самой высокой теплопроводностью. Это обусловлено наличием в них свободных электронов, которые, ведя себя подобно газу, эффективно транспортируют тепловую энергию. Именно эта особенность объясняет значительное превосходство теплопроводности металлов по сравнению с другими классами веществ.

Важно отметить, что в твердых телах, помимо электронного механизма (в металлах), существенную роль играет фононный механизм переноса тепла. Фононы представляют собой кванты энергии упругих колебаний кристаллической решетки. В диэлектриках, где отсутствуют свободные электроны, именно фононы являются единственными переносчиками тепловой энергии. Эффективность этого механизма напрямую зависит от степени упорядоченности кристаллической структуры: любые дефекты, примеси или неоднородности решетки (включая границы зерен) вызывают рассеяние фононов, что приводит к снижению теплопроводности. Это объясняет, почему, например, теплопроводность чистого металла выше, чем его сплава, а теплопроводность аморфных материалов (таких как стекло) значительно ниже, чем кристаллических.

Следует отметить, что в ряде материалов теплопроводность может зависеть от направления, в котором распространяется тепловой поток. Это явление, называемое анизотропией, наиболее ярко проявляется в кристаллах с гексагональной или ромбической решеткой, а также в композитных материалах, древесине и слоистых структурах. В таких случаях коэффициент теплопроводности перестает быть скалярной величиной и описывается тензором второго ранга, а закон Фурье приобретает более сложную форму, учитывающую проекции градиента температуры на главные оси анизотропии. Практически это означает, что тепловой поток в анизотропном материале может не совпадать по направлению с градиентом температуры, что необходимо учитывать при проектировании изделий из ориентированных материалов, например, лопаток газовых турбин из монокристаллических суперсплавов или печатных плат с направленными теплопроводящими волокнами [3].

Основные понятия и закон Фурье

Для количественного описания теплопроводности вводятся несколько ключевых понятий:

1. Температурное поле представляет собой распределение температур во всех частях исследуемой области в определенный момент времени. Его можно выразить математически как функцию трех пространственных координат и времени: t = f (x, y, z, τ). Если температура в этом поле остается неизменной с течением времени, оно классифицируется как стационарное [2].

2. Градиент температуры - это вектор, указывающий направление наиболее быстрого увеличения температуры. Он перпендикулярен изотермической поверхности (линии или плоскости с одинаковой температурой) и равен изменению температуры, деленному на расстояние в направлении максимального роста. Иными словами, он показывает, насколько "стремительно" меняется температура в пространстве [2].

3. Тепловой поток Q [Вт] определяет объем теплоты, который проходит через заданную поверхность за единицу времени [1]. Для измерения интенсивности теплопередачи на единицу площади используется понятие плотности теплового потока q [Вт/м²].

Взаимосвязь между этими величинами была впервые описана французским физиком Жаном Батистом Жозефом Фурье в 1822 году и получила название закона Фурье:

$$q = -\lambda \cdot grad(t)$$

Здесь λ (Вт/(м·К)) - это коэффициент теплопроводности, который отражает, насколько эффективно материал способен передавать тепло. Отрицательный знак в уравнении указывает на то, что тепловая энергия движется в направлении, противоположном градиенту температуры, то есть от более высоких температур к более низким [1].

Коэффициент теплопроводности не является постоянной величиной и зависит от множества факторов. К ним относятся: состав материала (например, металлы обладают высоким λ, а газы — низким), текущая температура, внутренняя структура вещества (например, анизотропия в древесине) и его пористость и влажность. Воздух, заполняющий поры, выступает хорошим изолятором, но, если поры заполняются водой, теплопроводность материала значительно увеличивается [2].

Дифференциальное уравнение теплопроводности

Закон Фурье описывает процесс локально. Для получения полной картины распределения температуры в теле используется дифференциальное уравнение теплопроводности [3], которое выводится на основе закона сохранения энергии:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a\nabla^2 t + \frac{q_v}{c_p p},$$

где $a = \lambda/(c_p p)$ - коэффициент температуропроводности, м²/с.

c_p - удельная теплоемкость, Дж/(кг·К).

р - плотность, кг/м^3.

q_v - мощность внутренних источников тепла, Вт/м^3.

∇^2 - уравнение Лапласа.

Важнейшим показателем в данном контексте выступает коэффициент температуропроводности. Этот параметр отражает, насколько оперативно происходит температурная трансформация в материале, определяя его тепловую инерционность. Следовательно, чем выше значение а, тем более оперативно объект реагирует на внешние тепловые воздействия, будь то нагрев или охлаждение. Характерной особенностью металлов является их высокий коэффициент теплопроводности, в противоположность жидкостям и газам, которые демонстрируют значительно более низкие показатели.

Для того чтобы выделить определенный физический процесс из всего спектра возможных, основное уравнение обогащается дополнительными условиями, обеспечивающими его однозначность. К таким условиям относятся геометрические, физические, а также начальные и граничные параметры [2].

Методы исследования теплопроводности

Стационарные методы основаны на измерении теплового потока и градиента температуры в образце после достижения стационарного режима (когда температура перестает меняться во времени). Эти методы отличаются высокой точностью и простотой математической обработки, но требуют много времени и хорошей теплоизоляции.

Нестационарные методы исследуют процесс изменения температуры образца во времени. Классический пример — метод лазерной вспышки, где время прохождения теплового импульса через образец позволяет напрямую определить температуропроводность. Эти методы очень быстры, позволяют работать при высоких температурах, но требуют сложного оборудования и математической обработки сигнала.

Вспомогательными, но не менее важными методами являются термография (визуализация температурных полей для поиска дефектов) и калориметрия (точное измерение количества теплоты, выделившегося или поглотившегося в процессе) [1].

Изучение теплопроводности в особых условиях

В монографии А.В. Лыкова [3] впервые систематизирована теория теплопроводности для капиллярно-пористых тел с фазовыми переходами. Автор показал, что классическое уравнение Фурье неприменимо в зоне фазового перехода (плавление, замерзание, испарение) без введения дополнительных источников тепла. Предложен метод «эффективной

теплоёмкости», где скрытая теплота фазового перехода распределяется в узком температурном интервале. Экспериментально установлено: теплопроводность влажных материалов может возрастать в 3–5 раз по сравнению с сухими из-за дополнительного переноса тепла испарением-конденсацией внутри пор. Измерение теплопроводности на сухом образце при комнатной температуре не экстраполируется на реальные условия.

В пособии Бухмирова В. В. [1] детально разобраны стационарные методы измерения теплопроводности при высоких температурах (до 1200 °C). Основной вклад в погрешность (15–20%) дают боковые теплопотери. Приведён конкретный пример: для огнеупорного кирпича разница между стационарным методом и нестационарным методом составила 12% в пользу последнего. Нестационарные методы минимизируют теплопотери за счёт короткого времени измерения. При температурах выше 500 °C предпочтительнее нестационарные методы.

В работе Дьяченко Ю. В. [2] рассмотрена теплопроводность слоистых композитов. При соотношении теплопроводностей слоёв более 1:50 скалярный закон Фурье даёт ошибку до 40%. Эксперимент на текстолите: тепловой поток вдоль слоёв превышает поперечный в 2,7 раза. Игнорирование этого факта ведёт к локальному перегреву. Коэффициент теплопроводности в таких материалах описывается тензором второго ранга. Измерение теплопроводности анизотропных материалов требует образцов разной ориентации (минимум трёх направлений).

Метод лазерной вспышки является мировым стандартом для измерения температуропроводности. Короткий лазерный импульс нагревает лицевую сторону образца, ИК-камера фиксирует рост температуры на тыльной стороне. По времени задержки рассчитывается a, затем $\lambda = a \cdot c_p \cdot \rho$. Возможности: образцы 6–12 мм, толщина 0,1–5 мм, измерения до 2000 °C, скорость – секунды. Ограничение: неприменим для полупрозрачных материалов. Термография (как вспомогательный метод [1]) позволяет визуализировать дефекты теплозащиты (отслоения, пустоты) даже без точного значения теплопроводности.

Заключение

Теплопроводность, будучи комплексным, но основополагающим явлением, относится к перемещению тепловой энергии на уровне молекул. Начиная с открытий Ж.Б. Фурье и развиваясь до современных вычислительных подходов, научные изыскания в области теплопроводности дают возможность инженерам и исследователям предсказывать тепловые нагрузки в сооружениях, оптимизировать температурный режим

микроэлектронных компонентов, оценивать эффективность теплозащитных материалов и анализировать множество других явлений, составляющих основу нынешнего технического прогресса. Проведённый обзор показал, что выбор конкретного метода измерения теплопроводности должен определяться температурным диапазоном, структурой материала и требуемой точностью, а классические уравнения требуют модификации для влажных, анизотропных и фазово-переходных сред.

Список литературы:

1. Бухмиров, В. В. Пакет задач по разделу «Стационарная теплопроводность и теплопередача» курса ТМО: учебно-методическое пособие / В. В. Бухмиров, Т. Е. Созинова. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2018. – 88 с.

2. Дьяченко, Ю. В. Теплопередача. Часть I. Теплопроводность: методическое пособие для студентов II-III курсов / Ю. В. Дьяченко, М. С. Макаров, М. А. Пахомов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 45 с.

3. Лыков, А. В. Теория теплопроводности: учебное пособие для студентов теплотехнических специальностей высших учебных заведений / А. В. Лыков. – Москва: Высшая школа, 1967. – 599 с.

ПЕДАГОГИКА И ПСИХОЛОГИЯ

УДК 376.36-053.5:159.947.5

Попова А. В.
Научный руководитель: Дроздова Е. Н., старший преподаватель
Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, Симферополь, Россия

ВЛИЯНИЕ СФОРМИРОВАННОСТИ НАВЫКА САМОКОНТРОЛЯ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМУ

Аннотация: В статье представлен комплексный теоретический анализ влияния сформированности навыка самоконтроля на процесс овладения письмом у младших школьников с задержкой психического развития). Методами теоретического исследования (анализ, синтез, систематизация психолого-педагогических и нейропсихологических источников) раскрыты психологические механизмы самоконтроля, нейрофизиологические основы письменной речи и специфика их взаимодействия при дизонтогенезе. Результатом исследования является интегративная теоретическая модель, описывающая взаимосвязь между дефицитарностью регуляторных функций у детей с ЗПР и характерными ошибками на письме, что задает научные ориентиры для последующей разработки коррекционно-развивающих технологий.

Ключевые слова: самоконтроль, младшие школьники, задержка психического развития, обучение письму, регулятивные учебные действия, коррекционная педагогика.

Введение. Формирование навыка самоконтроля является ключевым компонентом регулятивных универсальных учебных действий и необходимым условием успешного овладения письменной речью. Письмо представляет собой сложнейший вид психической деятельности, требующий программирования, произвольной регуляции и сличения результата с образцом. У младших школьников с задержкой психического развития (далее – ЗПР) процесс формирования данных регуляторных механизмов значительно затруднен в силу специфики их познавательной деятельности и эмоционально-волевой сферы.

Несмотря на наличие исследований в области коррекции нарушений письма у детей с ЗПР, целостный теоретический анализ, интегрирующий представления о структуре самоконтроля и его непосредственном влиянии на графические и орфографические навыки, остаётся актуальной научной

задачей. Целью данной статьи является теоретический синтез современных представлений о влиянии уровня сформированности самоконтроля на процесс обучения письму младших школьников с задержкой психического развития для построения целостной объяснительной модели.

Результаты исследования.

1. Онтогенез письма и самоконтроля: психофизиологические и педагогические основы. В онтогенезе письмо формируется на основе тесного взаимодействия речи, моторики и высших психических функций. Как отмечает Я. Ю. Гостева, процесс письма требует сохранности механизмов серийной организации движений, слухоречевой памяти и, что особенно важно, функции сличения результата с замыслом [1].

Н.А. Кузь и С.Б. Яковлев подчеркивают, что программирование, регуляция и контроль являются базовыми составляющими любой произвольной деятельности, включая письменную речь, и их дефицит напрямую ведет к специфическим ошибкам [2].

Е.И. Богданова указывает, что формирование регулятивных действий (целеполагание, планирование, контроль и оценка) у детей с нормативным развитием происходит постепенно, в процессе учебной деятельности, и к концу начальной школы становится внутренним, свернутым действием. При письме самоконтроль реализуется на трех уровнях: предварительный (до начала письма), текущий (в процессе написания) и итоговый (проверка написанного) [3].

2. Специфика дефицита самоконтроля и его проекция на письменную речь при ЗПР. При задержке психического развития синергетический процесс становления регуляторных функций нарушается. О. А. Альшаева отмечает, что для младших школьников с ЗПР характерны импульсивность действий, трудности ориентации на систему правил, низкая способность к переключению внимания и, как следствие, несформированность операций сличения с образцом [4].

Т. А. Витчинкина в своих исследованиях подчеркивает, что предпосылки трудностей письма у данной категории детей закладываются еще в дошкольном возрасте, проявляясь в недостаточности динамического праксиса и слабости регуляторных функций [5].

При обучении письму это выражается в специфическом влиянии дефицита самоконтроля на процесс:

На этапе ориентировки: ребенок не удерживает инструкцию, не анализирует образец буквы или слова, спешит приступить к выполнению.

На этапе исполнения: нарушения проявляются в виде пропусков и замен букв (особенно сходных по начертанию или звучанию), недописывании

элементов, соскальзывании со строки. Это следствие не столько незнания правила, сколько неспособности удержать программу действия.

На этапе проверки: итоговый контроль либо отсутствует, либо носит формальный характер. Ребенок не видит собственных ошибок, даже если ему указать на их наличие [4].

Н. А. Кузь и С. Б. Яковлев, исследуя письмо учащихся с ЗПР, делают акцент на том, что страдает не только моторная сторона письма, но и его смысловое программирование, что связано с инертностью нервных процессов и слабостью функции внимания [6].

Таким образом, проведённый анализ позволяет выделить общие теоретические основания негативного влияния несформированности самоконтроля на письмо при ЗПР. С нейропсихологической точки зрения, в основе лежит дефицит функционирования префронтальных отделов коры лобных долей, отвечающих за программирование, регуляцию и контроль деятельности. Это приводит к трудностям переключения, патологической инертности или, наоборот, импульсивности, что разрушает серийную организацию письменного движения. С психолого-педагогической позиции нарушение можно интерпретировать как разрыв между знанием правила (ориентировочная основа действия) и его практическим применением (исполнительская часть). Ребенок с ЗПР может знать орфограмму, но не актуализирует это знание в процессе письма из-за дефицита произвольного внимания и текущего контроля. Е. И. Богданова подчеркивает, что именно работа по формированию регулятивных действий, а не просто отработка правила, становится ключевым условием преодоления дисграфических ошибок у данной категории детей. Данные нарушения создают серьезные препятствия не только для успеваемости по русскому языку, но и для формирования учебной деятельности в целом, так как самоконтроль является ее сквозным механизмом.

Выводы. Теоретический анализ позволил интегрировать данные о влиянии самоконтроля на письмо младших школьников с ЗПР в рамках единой модели, рассматривающей данный процесс как результат взаимодействия нейропсихологических предпосылок (функционирование лобных долей, серийная организация движений) и психолого-педагогических условий (усвоение регулятивных учебных действий). Установлено, что дефицитарность самоконтроля при ЗПР качественно изменяет структуру письменной деятельности: нарушаются этапы ориентировки, исполнения и итоговой проверки, что ведет к стойким и специфическим ошибкам даже при относительной сохранности фонематических и моторных предпосылок. Полученные теоретические выводы имеют важное практическое значение, так

как задают дифференцированные мишени коррекционного воздействия: развитие произвольной регуляции, формирование пооперационального контроля и умения работать по алгоритму. Перспективой дальнейших исследований является экспериментальная верификация данной модели и разработка на её основе конкретных диагностических и коррекционных методик, направленных на комплексное формирование как графических навыков, так и регуляторных функций у младших школьников с задержкой психического развития.

Список литературы:

1. Гостева, Я.Ю. Проблема исследования особенностей нарушений письма у младших школьников с ЗПР / Я.Ю. Гостева // Вызовы времени: актуальные проблемы науки и практики коррекционной педагогики и специальной психологии: Материалы международной научно-практической конференции в честь 20-летия кафедры коррекционной педагогики и специальной психологии ФГБОУ ВО «ШГПУ», Шадринск, 22 марта 2019 года / Шадринский государственный педагогический университет, Барановичский государственный университет; составитель и редактор И.А. Тютюева. – Шадринск: Шадринский государственный педагогический университет, 2019. – С. 111-117.
2. Кузь, Н.А. К вопросу изучения программирования, регуляции и контроля в письме учащихся пятых классов с ЗПР / Н. А. Кузь, С. Б. Яковлев // Традиции и инновации специального образования: Сборник научно-методических трудов с международным участием / Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2010. – С. 262-267.
3. Богданова, Е.И. Приёмы формирования регулятивных действий у обучающихся с ЗПР при письме с использованием орфограмм / Е.И. Богданова // Достижения науки и практики - в деятельность образовательных учреждений: Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Глазов, 25 марта – 05 2024 года. – Глазов: Глазовский государственный инженерно-педагогический университет им. В.Г. Короленко, 2024. – С. 180-184.
4. Альшаева, О.А. Особенности развития младших школьников с задержкой психического развития / О. А. Альшаева // Управление развитием образования. – 2024. – № 3. – С. 108-113.
5. Витчинкина, Т. А. Предупреждение трудностей в овладении письмом у старших дошкольников с ЗПР / Т. А. Витчинкина // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2010. – № 4. – С. 114-117.
6. Кузь, Н. А. Особенности программирования, регуляции и контроля в письме учащихся пятых классов с задержкой психического развития / Н.А. Кузь, С. Б. Яковлев // Традиции и инновации специального образования: Сборник научно-методических трудов с международным участием / Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2010. – С. 267-273.

УДК 796.011.3

Кунгурцева М. Д., Харченко О. С.
Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ВИДОВ СПОРТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Аннотация: В статье рассматривается проблема падения интереса у студентов к систематическим занятиям физической культурой. Авторами обосновывается необходимость обновления традиционных подходов к преподаванию дисциплины. На основе обобщения результатов эмпирических исследований, проведенных в ряде российских вузов, в работе анализируется эффективность трех ключевых направлений модернизации образовательного процесса: внедрение интерактивных методов обучения (проектная деятельность, разбор конкретных ситуаций, групповая работа), интеграция популярных фитнес-программ и использование потенциала цифровых образовательных платформ. Особое внимание уделяется специфике формирования мотивации у студентов, отнесенных по состоянию здоровья к специальным медицинским группам. Доказано, что применение личностно-ориентированных технологий, затрагивающих эмоционально-смысловую сферу, позволяет сформировать у обучающихся устойчивую потребность в физическом самосовершенствовании и приобщить их к ценностям здорового образа жизни.

Ключевые слова: мотивация студентов, физическое воспитание, интерактивные методы обучения, фитнес-технологии, цифровизация образования, дистанционные платформы, специальная медицинская группа, здоровый образ жизни.

В современном обществе проблема малоподвижного образа жизни среди молодежи приобретает характер устойчивой тенденции. Высокая учебная нагрузка, широкое распространение цифровых технологий досуга и недостаточная сформированность культуры здоровья приводят к тому, что значительная часть студентов ограничивает свою двигательную активность. Как свидетельствуют данные мониторинга, проведенного в Кубанском государственном технологическом университете, к второму курсу доля регулярно занимающихся физической культурой студентов сокращается почти на десять процентов по сравнению с первокурсниками [1]. Это вызывает обоснованную тревогу, поскольку гиподинамия негативно сказывается на физическом развитии, повышает риск возникновения различных заболеваний и снижает общую работоспособность.

Традиционная методика проведения занятий по физической культуре зачастую ориентирована преимущественно на выполнение нормативных

требований и развитие двигательных качеств, оставляя без должного внимания воспитательный и образовательный потенциал дисциплины. Такой подход не способствует формированию у студентов внутренней потребности в движении и осознанного отношения к своему здоровью. В связи с этим возникает объективная необходимость поиска новых педагогических инструментов, способных изменить отношение молодежи к физкультурно-спортивной деятельности.

Целью настоящей работы является теоретическое обоснование и анализ практической значимости использования интерактивных методов обучения, современных фитнес-технологий и цифровых средств в процессе физического воспитания студентов для повышения их мотивации и приобщения к здоровому стилю жизни.

Ключевым условием повышения мотивации является изменение роли студента в образовательном процессе. Переход от пассивного восприятия информации к активному участию в планировании и реализации учебных задач достигается благодаря применению интерактивных методов. Данные методы предполагают построение образовательного процесса на принципах диалога, коллективного поиска решений и обмена опытом [1].

Анализ педагогической практики показывает, что на занятиях физической культурой наиболее действенными являются три группы интерактивных методов [2].

Проектная деятельность. Данный метод целесообразно применять со студентами второго-третьего курсов, уже имеющими определенный опыт и базовые знания. Суть его заключается в самостоятельной разработке студентами плана тренировочного занятия, направленного на решение конкретной задачи. Например, при изучении раздела «Атлетическая гимнастика» обучающиеся могут спроектировать комплекс упражнений для развития определенных мышечных групп или коррекции телосложения. В процессе работы над проектом студенты вынуждены обращаться к специальной литературе, анализировать воздействие различных упражнений на организм, что способствует более глубокому пониманию предмета и формирует осмысленное отношение к тренировкам.

Метод анализа конкретных ситуаций (case-study). Эта технология, изначально пришедшая из практики бизнес-образования, успешно адаптируется и для физкультурных занятий [1]. В качестве кейсов могут выступать описания реальных жизненных ситуаций, связанных со здоровьем. Например, студентам предлагается проанализировать последствия гиподинамии для представителей различных профессий или разработать программу физической реабилитации после перенесенного заболевания. Работа в малых группах над кейсом

стимулирует коммуникативные навыки, развивает способность аргументировать свою точку зрения и принимать коллективные решения.

Организация работы в малых группах. Наиболее естественной формой интерактива для практических занятий является разделение студентов на команды для участия в подвижных и спортивных играх, эстафетах, соревновательных заданиях [1]. В таких условиях каждый участник оказывается вовлеченным в процесс достижения общей цели, учится координировать свои действия с партнерами, нести ответственность за результат. Это создает положительный эмоциональный фон, что является важным фактором формирования устойчивого интереса к занятиям.

С целью привлечения студентов к активным занятиям физической культурой и спортом возможно использование фиджитал-спорт, который сочетает элементы физической активности и использование технологий, таких как виртуальная реальность, дополненная реальность и электронные устройства. Он предлагает уникальные варианты для участников, позволяя им участвовать в спортивных соревнованиях или тренировках с помощью виртуальных тренажеров или компьютерных игр [6; 7; 8]. Именно для того чтобы соединить увлечение молодежи цифровыми технологиями и активной двигательной деятельностью, в 2022 г. в городе Кемерово открылся первый в мире фиджитал-центр. В рамках данного праздничного мероприятия был проведен первый турнир по фиджитал- баскетболу. Пять команд, в составе которых были обучающиеся трех спортивных школ города Кемерово, имеющих отделения «Баскетбол», сначала сыграли в баскетбольном симуляторе NBA2K, а затем вышли на баскетбольную площадку и выявили победителя и призеров согласно правилам Баскетбола 3х3. Анализируя в дальнейшем соревновательную деятельность по фиджитал-баскетболу, следует отметить, что по сравнению с 2022 г. в последующем 2023 г. в каждом турнире принимали участие 10–15 команд, а в 2024 г. — 15–20 команд, имеющих в своем составе не только занимающихся в спортивных школах, но и членов команд общеобразовательных школ, ссузов, секции учреждений дополнительного образования и просто любителей баскетбола [6].

Современная молодежь проявляет высокий интерес к различным направлениям фитнеса, которые воспринимаются ею как более модная и вариативная альтернатива традиционным занятиям [1]. Исследования, проведенные в одном из волгоградских вузов, показали, что студентки отдают предпочтение таким видам активности, как степ-аэробика, танцевальные направления, силовые классы, пилатес и стретчинг [5]. Причем большинство опрошенных высказались за возможность комбинирования различных программ в течение семестра.

Интеграция фитнес-технологий в учебный процесс позволяет сместить акцент с формального выполнения контрольных нормативов на улучшение самочувствия, коррекцию фигуры и получение эмоционального удовлетворения от занятий. Структура такого занятия включает несколько частей: подготовительную (разминка с использованием базовых шагов), основную (аэробная или силовая тренировка с применением оборудования: гантелей, степ-платформ, фитболов) и заключительную (упражнения на растягивание и расслабление) [5].

Вместе с тем, опрос преподавателей физической культуры выявил ряд объективных трудностей, препятствующих широкому внедрению фитнес-программ. К ним относятся недостаточная материально-техническая оснащенность вузов, отсутствие регулярных семинаров для повышения квалификации преподавателей, а также методическая неразработанность программ, адаптированных для условий высшей школы. Однако подавляющее большинство педагогов выражают готовность к освоению новых методик и технологий, что создает благоприятные предпосылки для дальнейшего развития этого направления [5].

Развитие информационно-коммуникационных технологий и опыт вынужденного перехода на удаленный формат работы показали, что дистанционные формы могут быть эффективно интегрированы в процесс физического воспитания. Они не заменяют полностью практические занятия, но существенно расширяют возможности для теоретической подготовки, самостоятельной работы и осуществления обратной связи [4].

Для организации онлайн-тренировок и консультаций могут использоваться различные платформы, выбор которых зависит от конкретных педагогических задач. Так, для массовых трансляций с целью демонстрации комплексов упражнений оптимально подходит видеохостинг YouTube, позволяющий вести прямые эфиры и сохранять записи. Для проведения занятий в малых группах с возможностью визуального контроля техники выполнения упражнений более удобны сервисы видеосвязи Skype или Zoom. Социальная сеть ВКонтакте также предоставляет функционал для проведения закрытых трансляций и общения с участниками в рамках специально созданных сообществ.

Ключевым условием эффективности дистанционной работы является создание качественного учебно-методического контента. Это могут быть видеолекции с подробным разбором техники упражнений, методические пособия в электронном формате, интерактивные модули. Особого внимания заслуживает практика видеоанализа: студент записывает свое выполнение упражнения и направляет запись преподавателю, который проводит детальный

разбор ошибок, сопровождая его графическими комментариями и рекомендациями. Такой подход превращает процесс контроля в полноценное обучающее взаимодействие [4].

Наиболее сложной в контексте мотивации является категория обучающихся, отнесенных по состоянию здоровья к специальной медицинской группе (СМГ). Как показывают исследования, их численность в российских вузах неуклонно растет и достигает в среднем сорока-пятидесяти процентов [5]. Результаты анкетирования, проведенного в Алтайском государственном техническом университете, выявили тревожную картину: более половины студентов СМГ не имеют четкого представления о характере своего заболевания, подавляющее большинство не знакомо с возможными исходами его развития, а две трети опрошенных не осознают последствий, к которым может привести игнорирование рекомендаций и пассивный образ жизни.

В такой ситуации традиционные методы убеждения и принуждения оказываются малоэффективными. Требуется принципиально иной подход, затрагивающий глубинные личностные структуры и эмоциональную сферу. Перспективным представляется использование проектной деятельности, ориентированной на изучение собственного заболевания. Студентам предлагается подготовить мультимедийную презентацию на тему «Мой диагноз: прошлое, настоящее, будущее». Работа должна включать не только теоретическое описание заболевания, статистические данные, анализ причин и возможных последствий, но и, что самое важное, обоснованный подбор средств физической культуры для профилактики обострений и коррекции состояния [5].

Презентация подготовленных материалов и их последующее обсуждение в учебной группе (или в индивидуальном порядке с преподавателем) выполняют несколько функций. Во-первых, студент получает систематизированные и глубокие знания о своем здоровье. Во-вторых, наглядная демонстрация возможных негативных сценариев развития болезни создает необходимый эмоциональный импульс, побуждающий к действию. В-третьих, самостоятельный поиск методов профилактики и их апробация на практических занятиях под руководством педагога позволяют сформировать конкретные навыки управления собственным здоровьем. Ключевая задача преподавателя на этом этапе - удержать баланс между созданием мотивирующего беспокойства и недопущением стресса и чувства безысходности, направляя студента по пути активного и осознанного улучшения своего состояния.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что решение проблемы снижения мотивации студентов к занятиям физической культурой требует комплексного подхода, основанного на модернизации содержания и методов образовательного процесса. Традиционная модель, ориентированная

преимущественно на нормативные показатели, исчерпала свой потенциал и нуждается в обновлении в соответствии с запросами современного студенчества.

Наиболее перспективными направлениями этой модернизации выступают, во-первых, широкое внедрение интерактивных методов обучения, превращающих студента из пассивного исполнителя в активного субъекта деятельности [1, 2]. Во-вторых, интеграция в учебный процесс популярных фитнес-технологий, позволяющих реализовать личностно-ориентированный подход и удовлетворить индивидуальные потребности занимающихся [5]. В-третьих, грамотное использование потенциала цифровых образовательных платформ, расширяющих возможности для теоретической подготовки, самостоятельной работы и осуществления качественной обратной связи [4].

Особого внимания требует работа со студентами, имеющими отклонения в состоянии здоровья. Для этой категории обучающихся ключевым фактором формирования устойчивой мотивации является применение технологий, затрагивающих их эмоционально-смысловую сферу [5]. Проектная деятельность, направленная на глубокое изучение собственного заболевания и поиск путей его профилактики средствами физической культуры, доказала свою высокую эффективность.

Таким образом, целенаправленное и системное использование охарактеризованных подходов будет способствовать не только росту количественных показателей посещаемости занятий, но и формированию у студенческой молодежи качественно иного - ценностного - отношения к своему здоровью и физическому развитию, закладывая основы для здорового и продуктивного долголетия.

Список литературы:

1. Иванова, Н. Г. Использование интерактивных методов в целях повышения мотивации студентов к занятиям физической культурой / Н. Г. Иванова, А. Е. Вершинин, Б. С. Бибиков. - Текст: электронный // OPEN INNOVATION: сборник статей II Международной научно-практической конференции. - Пенза: МЦНС "Наука и Просвещение", 2017. - С. 234-238. - URL: download/elibrary_31200469_27676675.pdf. (дата обращения: 10.03.2026). EDN: XQMOWI

2. Бирюкова Е. В. Интерактивные методы обучения в профессиональном образовании / Е. В. Бирюкова. - Текст: электронный // Молодой ученый. - 2020. - №51 (341). - С. 357-357. EDN: XFGOYA

3. Миронов И. С. Киберспорт в студенческой среде: проблемы и перспективы развития / И. С. Миронов, М. А. Правдов, Г. Н. Митрофанова. - Текст: электронный // Ученые записи университета имени П.Ф.Лесгафта. - 2019. - №1. - С. 208-212. EDN: YWJWZV

4. Тихонов А. И. Применение современных дистанционных цифровых технологий для организации занятий по дисциплине "Физическая культура" у студентов / -А. И. Тихонов,

А. А. Сазонов, Ю. В. Краев // Московский экономический журнал - 2020. - №5 С. 778-787. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10354 EDN: RTKLFC

5. Толистинов Б. Г. Интерактивные подходы в технологии формирования потребности в самостоятельной физкультурной активности у студентов специальных медицинских групп / Б. Г. Толистинов, Е. И. Шеенко - Текст: электронный // Человек. Спорт. Медицина. - 2019. - № 3. - С. 88-95. DOI: 10.14529/hsm190311 EDN: RFOGDL

6. Скворцова М. Ю. Использование интерактивных видов спорта с целью приобщения студентов к активной двигательной деятельности / М. Ю. Скворцова. М. Д. Кунгурцева - Текст: электронный // Прикладные исследования, технологии. Журнал "НАУЧНОЕ МНЕНИЕ" №11, 2025. - С. 59-63. - URL: download/elibrary_85465033_71266305.pdf . DOI: 10.25807/22224378_2025_11_59 EDN: QWNJJA

УДК 371
ГРНТИ 14.09

Елисеева Е. В., Калашников В. А.
Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

СРАВНЕНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ К.Д. УШИНСКОГО И В.А. СУХОМЛИНСКОГО: СХОДСТВО ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДВУХ ПЕДАГОГОВ ПРОШЛОГО

Аннотация: D статье рассматриваются педагогические системы К.Д. Ушинского и В.А. Сухомлинского. Несмотря на более чем полувековой разрыв в жизни и творчестве двух ученых-исследователей, в их педагогическом наследии можно найти много общего. Авторы-гуманисты стояли на схожих позициях и работали над схожими теоретическими вопросами и проблемами. Антропологизм как главное идейное начало стало главным объединяющим фактором двух педагогов-исследователей. В своём научном исследовании они обосновали зарождение новой, гуманной педагогики.

Ключевые слова: К.Д. Ушинский, В.А. Сухомлинский, гуманная педагогика, трудовое обучение, антропологизм, человек.

Веками человечество жило в сложных, противоречивых и изменчивых условиях. Поколения людей сменяли друг друга. Каждое поколение «отцов» ощущало на себе особую «миссию» по передаче поколению «сынов» каких-то достижений своего времени. Существует известная поговорка, что раньше «и небо было голубе и трава зеленее», смысл которой заключается в том, что все прошлое воспринимается в более оптимистическом духе, чем настоящее. Часто такое же ощущение сопровождает и педагогическую действительность.

Первая четверть XXI в. стала временем многих крупных и фундаментальных изменений в обществе. Большое количество реформ и инноваций в сфере образования, во многом, изменили привычный уклад жизни школы. Но в педагогике все новшества, так или иначе, строятся на почве достижений прошлого времени. Многие мысли, идеи, психолого-педагогические подходы и даже практический опыт могут быть подспорьем для решения проблем современного образования. Реализация некоторых фундаментальных идей опыта прошлого может стать полезной опорой для выстраивания новой педагогической реальности.

Широко распространена фраза: «Вначале было слово…», если же говорить о начале отечественной педагогики, то в первую очередь необходимо вспомнить К.Д. Ушинского (1824-1870 гг.), который стал основоположником русской классической педагогики. Его ученик и последователь Л.М.

Модзалевский так определил место этого человека в нашей культуре: «Ушинский – это наш действительно, народный педагог, точно также, как Ломоносов – наш народный ученый «…», к сонму их история сопричтет и нашего незабвенного учителя и создателя истинного русской школы и истинно русского воспитания в их же близком и – Бог дает! – блестящем будущем!...» [11.]. Удивительно, но за 47 лет своей жизни Великий Учитель смог внести настолько безграничный вклад в педагогику, что до сих пор его наследие изучается и признается актуальным.

Во второй половине XX в, в сложные послевоенные годы в Советском Союзе оформилось широкое течение гуманной педагогики (также известной, как педагогика Сотрудничества). Замечательная плеяда учителей приложили множество усилий для создания новой педагогики, отошедшей от общепринятого авторитарного шаблона советской школы. Их идейным предшественником, человеком, чьи труды стали «альфой и омегой» новой педагогики стал В.А.Сухомлинский (1918-1970 гг). Директор небольшой Павлышской средней школы своим жизненным путем доказал, что значит жить «сердце отдавая детям». Ш.А.Амонашвили, советский педагог-новатор, однажды видевший Сухомлинского, так вспоминал об этой встрече: «Сердце сидящего в зале человека с грустным лицом уже объявило всему миру, что настала пора другой педагогики» [1.с.93].

Многое отделяет двух педагогов прошлого друг от друга. В.А. Сухомлинский родился через 48 лет после смерти К.Д. Ушинского. За это время навеки канула в лету Российская Империя – Родина Ушинского. В 1922 г был создан СССР. К моменту начала педагогической деятельности Сухомлинского уже сложилась целостная образовательная система советского государства. И, казалось бы, очень многое должно было воспрепятствовать схожести идей и принципов двух педагогов. Различие в социальном положении (первый - дворянин, второй - потомственный крестьянин), в месте жительства (первый – столичные города (большую часть профессионального пути), второй – небольшое село в сотнях километров от Полтавы), в религиозном отношении (первый - христианин, второй - стойкий атеист, внесший значимый вклад в теорию атеистического воспитания СССР), наконец, в стране жительства, Родина Сухомлинского строилась на отрицании опыта Родины Ушинского - все это отделяло двух ученых друг от друга. Но тем не менее в опыте Ушинского и в опыте Сухомлинского есть некоторые положения, которые близки. Все это говорит о том, что педагогическому процессу характерная некоторая преемственность, которая служит показателем здорового консерватизма педагогики как науки.

Начало педагогической деятельности К.Д. Ушинского пришлось на трудное послевоенное время. Россия, удрученная недавним поражением, начала рефлексию и анализ своего бытия. Не обошел этот процесс и школу. В конце 1850-х гг Ушинский пишет: «Письма о воспитании наследника русского престола», где излагает многие проблемы русской действительности: «Давно уже в русском образованном обществе возрастало смутное сознание, что многое идет у нас не так, как бы следовало, что наша общественная и административная нравственность в большом упадке и что само русское общество, существуя по форме, не имеет внутренней действительной жизни» [4, с. 50]. Эти письма, написанные специально для царской семьи, получили широкое распространение в России и послужили стимулом для широкой педагогической журнальной полемики. Советский биограф Егоров С.Ф. отмечал с удивлением, что в этих письмах Ушинский «… высказывает в них такие убеждения, за которые десятки людей поплатились тюрьмой, каторгой, ссылкой. И до сих пор остается загадочным, почему К.Д. Ушинский избежал такой же участи» [3.с.63].

Ушинский практически с нуля закладывал в России русскую педагогику. Исследователи говорят, что педагогика была «… в зачаточном состоянии и не имела твердой методологической опоры» [2.с.61]. Эта опора закладывалась Ушинским в его трудах, и в первую очередь, в главном его труде – «Человек как предмет воспитания. Опыт педагогической антропологии». В введении к этой фундаментальной работе автор пишет: «Педагогика – не наука, а искусство, самое обширное, сложное, самое высокое и самое необходимое из всех искусств. Искусство воспитания опирается на науку» [10.с.18].

Вновь к педагогической практике В.А. Сухомлинский смог вернуться только в 1943г, когда после тяжелого ранения он был списан с военной службы. В 1948 г он был назначен директором Павлышской средней школы, которой суждено, было стать известной на весь мир. Именно там были написаны главные его труды. Многие из теоретических положений и практических находок В.А. Сухомлинского шли вразрез с принятыми тогда механизмами функционирования школы. Многие свои убеждения ему приходилось отстаивать и защищать, что, во многом ускорило ранний уход автора из жизни. Преемник В.А.Сухомлинского на посту директора школы, Н.И. Кодак вспоминал, что «… он не был кабинетным ученым. Он был борец, страстный и темпераментный…» [12].

Говоря о педагогике Сухомлинский не только признает за ней статуса науки, но и следом за К.Д. Ушинским приближает педагогику к искусству. Он пишет: «… практическая педагогика - это знания и умения, доведенные до степени мастерства, но и поднятые до уровня искусства» [7. с.11.].

Отношение к педагогике как к науке и как к искусству, во многом, сближало двух великих педагогов. Борьба, к которой им приходилось прибегать для сохранения своих идей, для внедрения своих находок, делают жизненный путь двух педагогов-гуманистов близкими друг к другу.

Ученые отмечают, что Ушинский смог выдвинуть отечественную педагогическую мысль на новый уровень. Он стоял в основе инновационных и передовых идей того времени. «Самые плодотворные из них – народность и антропологизм; одна навсегда связала его имя с русским народом, другая через науку о воспитании – с человечеством, с сообществом народов мира» [13].

Русская система образования в первой половине девятнадцатого века развивалась как «калька» с опыта Европы, и в первую очередь с опыта Германии. Естественно, что слепое копирование и бездумный перенос немецких, швейцарских и британских находок на русскую почву не приносил желаемого результата. Школа, гимназия и университет воспринимались как некоторое зло, с которым приходилось мириться за неимением альтернативы. Схоластические методы обучения, зубрежка, цензурный и ведомственный контроль, нехватка школ и педагогических кадров, устаревшее содержание образования и общая оторванность образования от реальной народной жизни способствовали тому, что в России ощущался острый кадровый дефицит образованных людей. Наступившая же эпоха модернизации, реформ и промышленного переворота, призывала общество к созданию «своей» школы. И именно такие мысли впервые были высказаны и практически реализованы К.Д. Ушинским.

В статье «О необходимости сделать русские школы русскими» (1867г) автор удрученно отмечает, что русский человек, выходя из дверей образовательного учреждения знает более о географии Америки и законах Швейцарии, чем о своем родном отечестве. Доказывая пагубность и неразумность такого подхода, Ушинский говорит, что каждый русский ученик должен обладать необходимыми знаниями, такими как умением читать, писать и считать, а также знаниями о своей родине и религии. «Это уже ясно выработавшаяся педагогическая аксиома; кажется, что и нам пора сознать ее и провести повсюду в народном образовании. Без этого нельзя сделать никакого серьезного шага вперед» [9.с.509].

Так и в русской педагогической науке впервые была провозглашена идея о самобытности русского (и любого другого) национального образовательного пути. Ушинский выступил против слепых и неудачливых попыток переноса на русскую почву опыта Зарубежной Европы и призвал россиян к созданию своей школы. Наверное, важнейшим практическим вкладом ученого в создание национальной школы стал выпуск книги для обучения самый

маленьких. «Родное слово» - труд Ушинского, многократно издававшийся и переиздававшийся в нашей стране ещё до революции. В нем не только были заложены новые идеи об обучении маленьких, но и придуманы и описаны задания, которые раскрывали перед русскими детьми Россию. В основе основ подобного обучения Ушинский ставит знание русского (родного) языка. «Дитя входит в духовную жизнь окружающих его людей единственно через посредство отечественного языка, и, наоборот, мир, окружающий дитя, отражается в нём своей духовной стороной только через посредство той же среды – отечественного языка» [8.с.258].

Спустя годы вслед за К.Д. Ушинским подобные же идеи будет излагать В.А. Сухомлинский. Вслед за своим предшественником он будет считать, что воспитание должно основываться на духовных ценностях народа, которые нашли свое отражение во множестве памятников материальной и духовной культуры. Обращение Сухомлинского к народной педагогике, к народным сказкам, песням, поговоркам, былинам и провозглашение такого опыта «священным» было новаторским для своего времени. Авто пишет: «Сказка воспитывает любовь к родной земле уже потому, что она – творение народа [6.с.196].»… И далее: «Сказка – это духовные богатства народной культуры, познавая которые ребёнок познает сердцем родной народ» [6. с.197.]

Народность Ушинского и Сухомлинского особенно ярко проявлялась в особом внимании к роли родного слова в деле воспитания подрастающих поколений. Родной язык занимает одно из центральных мест в педагогической системе К.Д. Ушинского. В 1864 г в статье: «О первоначальном преподавании русского языка» он ставит три цели перед обучением детей родному языку: 1) сформировать у детей способность «дара слова»; 2) научить их всем оттенкам языка; 3) научение детей логике языка и его грамматическим законам. В книге «Родное слово» автор пишет: «Язык, созданный народом, развивает в духе ребенка способность, которая создает в человеке слово и которая отличает человека от животного: развивает дух» [14]. Автором отмечено, что язык сохраняет в себе память о ранее живших людей этого общества. Усваивая родной язык человек, становится часть определенной национальной культуры, социализируется в определенном культурном коде.

В 1969 г впервые была опубликована книга В.А. Сухомлинского: «Сердце отдаю детям», где в главе, названной также, как и знаковая книга Ушинского: «Родное слово», автор пишет: «чем глубже человек познает тонкости родного языка, тем тоньше его восприимчивость к игре оттенков родного слова, …, тем активнее воспринимает сердцу красоту слова» [6. с.225.].

Два великих педагога-гуманиста, жившие в разное время, сошлись в своих позициях в отношении к родному слову и к пониманию того, что образование должно быть народным. Оно должно отвечать образовательным интересам и запросам того этноса, который её и создает. Народность –это не только язык и религия, но и сама жизнь» [3.].

К.Д. Ушинского также можно считать основоположников отечественной теории трудового воспитания. Работа автора: « Труд в его психическом и воспитательном значении» стала одной из первых работ по подобной тематике в отечественной педагогической литературе. Ушинский считал труд высшим видом деятельности человека. Суть человека является в проявлении своей сущности через активную трудовую деятельность. Потребность к труду заложена в каждом человеке от рождения. Но именно Ушинскому принадлежит идея о том, что труд может стать источником духовного развития человека. Помимо того, что труд способствует улучшению окружающей человека действительности, он также выступает источником развития человека, источником его достоинства и счастья. Когда человек через труд проявляет свое собственное «Я», он становится личностью. «Труд, конечно, бремя, но бремя, без которого возможное соединение человеческого достоинства и счастья невозможно, - бремя, которое должен нести человек, если хочет прийти к тому невозмутимому спокойствию, к которому призываются только трудящиеся и обремененные» [4.с.86].

Целостная система трудового обучения была практически создана и теоретически осмыслена в Павлышской средней школе, директором которой долгие годы был В.А. Сухомлинский. Трудом в Павлыше занимались все школьники от первого и до последнего класса. Причем их труд был освещен идеей служения народу и обществу. Работа на пришкольном участке, в лаборатории или в мастерской, ребенок знал, что он создает материальные блага, которые будут использоваться трудовым народом и приносить ему пользу. Праздники, проводимые в Павлыше также способствовали делу воспитания. Например, праздник первого урожая, когда из первых собранных зерен пекли школьный хлеб, приглашали колхозников, родителей сельчан и торжественно ели тот хлеб, который был взращен руками юных октябрят и пионеров.

Праздник матери, когда дети несли матерям цветы, самостоятельно ими выращенные, в школьной теплице. Это оказывало огромное воздействие на юные души и сердца. Сухомлинский вспоминал некого Петра С, который принес своей матери яблоки, выращенные своими руками. «Сейчас он понесет яблоки матери, но ему хочется дольше переживать эту незабываемую минуту,

так как он любуется не только яблоками, а воплощенным в них собственным трудом, он гордится человеческой красотой в самом себе» [5.с.678].

Ушинский впервые также высказал идею, что для стойкости воспитательного влияния на человека нужно, чтобы идеи, привнесенные человеку от субъекта воспитания (учителя, воспитателя, родителя) становились человеческим убеждением. Эту же идею позже озвучил и всячески отстаивал и В.А. Сухомлинский.

Таким образом, мы убедились, что между двумя педагогами- классиками есть много общего. Конечно их разделяет время и история, они жили в разных социально-экономических, культурных и политических условиях, и тем не менее на некоторые «вечные» вопросы педагогики им приходилось отвечать. И отвечали они в унисон друг другу, возможно, и не осознавая это сходство. Но, пожалуй, главным их сходством было отношения к человеку как к главной ценности и главной цели воспитания. «Воспитание должно просветить сознание человека, чтобы перед глазами его лежала ясно дорога добра» [4.с.36]. В этом отношении их можно считать подлинными гуманистами.

Список литературы:

1. Амонашвили, Ш.А. Как любить детей. Опыт самоанализа. [Текст] / Ш.А. Амонашвили — М.: Амрита-Русь, 2019 — 173 с.
2. Гончаров, Н.К. Педагогическая система К. Д. Ушинского. [Текст] / Н.К. Гончаров — М.: Педагогика, 1974. — 272 с.
3. Егоров, С.Ф. К.Д. Ушинский [Текст] / С. Ф. Егоров — Москва: Просвещение, 1977 — 143 с.
4. О воспитании детей и юношества. Традиции русской гуманистической педагогики (по трудам К.Д. Ушинского). — М.: Амрита-Русь, 2023— 224 с.
5. Сухомлинский В.А. Избранные произведения в пяти томах [Текст] / Сухомлинский В.А. — Том пятый. — Киев: Радянськашкола, 1980 — 678 с.
6. Сухомлинский, В.А. Сердце отдаю детям. / В.А. Сухомлинский. — М.: Концептуал, 2019 — 320 с.
7. Сухомлинский, Василий Александрович (1918-1970). Сто советов учителю : 100 советов учителю : / Василий Александрович Сухомлинский. - Москва : Советские учебники, 2021. - 270, [1] с.; 22 см.; ISBN 978-5-907508-04-0
8. Ушинский, К.Д. Родное слово. Книга для детей. / К.Д. Ушинский. — М.: Советские учебники, 2023 — 350 с.
9. Ушинский, К.Д. Русская школа. / К.Д. Ушинский. — М.: Институт русской цивилизации, 2015 — 678 с.
10. Ушинский, К.Д. Человек как предмет воспитания: опыт педагогической антропологии. / К.Д. Ушинский. — М.: "Книга по требованию", 2022 — 495 с.
11. Богуславский М.В. Обратная сторона медали Ушинского / Богуславский М.В. [Электронный ресурс] //: [сайт]. — URL: https://russianclassicalschool. ru/bibl/istoriya-metodik/k-d-ushinskij/o-njom/item/1864-m-boguslavskij-obratnaya-storona-medaliushinskogo.html (дата обращения: 01.03.2026).

12. Кодак Н.И. Боец страстный и темпераментный / Кодак Н.И. [Электронный ресурс] // Библиотека по педагогике: [сайт]. — URL: http://pedagogic.ru/books/item/f00/s00/z0000033/st021.shtml (дата обращения: 27.02.2026).

13. Лебедев П.А. Слово о Константине Дмитриевиче Ушинском / Лебедев П.А. [Электронный ресурс] // Рериховская библиотека: [сайт]. — URL: https://roerich-lib.ru/ushinskij/6618-lebedev-p-a-slovo-o-konstantine-dmitrieviche-ushinskom (дата обращения: 27.02.2026).

14. Ушинский К.Д. Антология гуманной педагогики / Ушинский К.Д. [Электронный ресурс] // Рериховскаябиблиотека: [сайт]. — URL: https://roerich-lib.ru/index.php/ushinskij/6610-rodnoe-slovo (дата обращения: 03.03.2026).

УДК 37.03

Лилит Багдасарян
Ванадзорский государственный университет, Ванадзор, Армения

ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕНДЕРНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ В СТАРШЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ

Аннотация: статья посвящена анализу гендерной социализации как неотъемлемого компонента общего процесса социализации личности. Гендер рассматривается как социально обусловленная категория, отражающая представления о мужественности и женственности, формирующиеся под влиянием культурных норм и общественных ожиданий. Цель исследования — выявление особенностей гендерной социализации старшеклассников на основе сравнительного анализа городов Ванадзор и Алаверди. В работе анализируются восприятие гендерных ролей, стереотипы и поведенческие ограничения, а также влияние социальной и образовательной среды. Выявлены различия в формировании гендерной идентичности. Обоснованы педагогические рекомендации, направленные на обеспечение равных возможностей и формирование гендерно-чувствительной образовательной среды.

Ключевые слова: гендер, гендерная идентичность, мужественность, женственность, идентификация, биологический пол, социальный пол, взросление, стереотип.

Гендерная социализация является неотъемлемой частью общего процесса социализации, который осуществляется посредством взаимодействия с окружающими взрослыми и сверстниками. Гендер представляет собой внутреннее восприятие и переживание человеком собственной мужественности и женственности, а также форму общественного сознания, в рамках которой определяются определённые модели поведения для мужчин и женщин в зависимости от исторического развития, особенностей общества и культуры. Иначе говоря, гендер рассматривается как «общественный или социальный пол», который выходит за пределы биологического пола. Во многих культурах общественные ожидания предполагают, что представители женского пола должны, в соответствии со своим гендером, быть сначала девочками, а затем женщинами, тогда как представители мужского пола — сначала мальчиками, а впоследствии мужчинами. Если биологический пол является тем, с чем человек рождается, то гендер представляет собой то, что формируется и приобретается в конкретной культурной среде, исходя из биологического пола, гендерной идентичности, а также отношения данной культуры, существующих стереотипов и социальных требований.

Термин «гендер» в ряде стран вошёл в научный и общественный лексикон из современного английского языка, который, в свою очередь, заимствовал его из среднеанглийского слова «gendre». Последнее проникло в английский язык из старофранцузского, а ещё ранее восходит к латинскому слову «*genus»*, означающему рождение, род, семью, происхождение и племя. Гендер отражает внутреннее восприятие и опыт человеком собственной мужественности и женственности, в рамках которых формируются определённые модели поведения, связанные с социальными ролями мужчин и женщин, обусловленные историческими, социальными, культурными и стратификационными особенностями общества. Гендер напрямую связан с ожиданиями общества и рассматривается как «общественный или социальный пол», который значительно шире и сложнее, чем биологический пол.

Проблема гендерных статусов женщин и мужчин в обществе была и остаётся в центре внимания научных исследований. Социализация представляет собой совокупность социальных процессов, благодаря которым индивид, усваивая определённую систему норм и ценностей, становится полноправным членом общества. Гендерная социализация — это процесс, посредством которого мальчики и девочки усваивают социально закреплённые формы мужественности и женственности и формируют собственную гендерную идентичность, то есть учатся быть женщиной или мужчиной.

Проблема исследования заключается в необходимости выявления особенностей гендерной социализации старшеклассников и изучения различий в этом процессе в городах Ванадзор и Алаверди. Эта проблема имеет высокую значимость, поскольку гендерная социализация влияет не только на формирование самосознания, самооценки и социального поведения личности, но и на эффективность образовательного процесса и развитие общественного поведения.

Научные исследования показывают, что гендерные стереотипы и дискриминация могут ограничивать возможности молодежи, формировать неправильные социальные представления и снижать осознание равных прав. Подобное исследование позволяет провести сравнительный анализ гендерной социализации в разных средах (Ванадзор и Алаверди), выявить степень выраженности дискриминации и стереотипов и предложить рекомендации для образовательной политики и педагогических стратегий, способствующих созданию равных возможностей.

Таким образом, изучение данной проблемы важно не только с научной, но и с социальной и образовательной точек зрения, поскольку оно

способствует повышению гендерной осведомленности молодежи и формированию здоровой общественной среды.

Цель исследования — изучить состояние гендерной социализации в старших классах на основе сравнительного анализа городов Ванадзор и Алаверди.

Проблемы, вытекающие из цели: выявить и сравнить восприятие гендерных ролей среди мальчиков и девочек в городах Ванадзор и Алаверди; исследовать стереотипы и ограничения старшеклассников в отношении гендерного поведения; определить различия в социальном поведении, обусловленные местными культурными и образовательными факторами; сделать выводы о влиянии гендерной социализации на самопознание, самооценку и личностное развитие.

Новизна исследования: впервые проводится сравнительный анализ особенностей гендерной социализации старшеклассников в городах Ванадзор и Алаверди; представлен интегративный подход, объединяющий социальные представления, поведенческие проявления и показатели личностного развития; выявлено влияние социальной и образовательной среды на гендерные стереотипы и дискриминацию среди старшеклассников; предложены педагогические и социальные меры, способствующие формированию равных прав и образования без дискриминации.

Содержание: Социализация представляет собой совокупность всех социальных процессов, благодаря которым индивид, усваивая определённую систему норм и ценностей, становится полноправным членом общества. Социализация является процессом формирования личности, который начинается с момента рождения. Социализация личности включает все процессы, осуществляемые социальными институтами, в ходе которых человек приобретает необходимые знания и, усваивая систему социальных норм, находит своё место в соответствующей сфере общественной жизни.

Известный американский социолог Нил Смелзер определяет социализацию как процесс формирования у индивида социальных навыков и умений, соответствующих выполняемым им социальным ролям. Польский социолог Ян Щепанский рассматривает социализацию как совокупное воздействие социальной среды на индивида, которое побуждает его к участию в общественной жизни, обучает культурным навыкам, адаптирует к определённым моделям поведения и формирует способность выполнять различные социальные роли.

Гендерная социализация представляет собой процесс усвоения личностью гендерной культуры общества и социального конструирования различий между полами. В процессе гендерной социализации индивид

усваивает модели мужского и женского поведения, формы взаимоотношений, нормы, ценности и гендерные стереотипы.

Пол является социально-психологическим образом человека, совокупностью его психологических характеристик, которые проявляются в процессе общения и межличностных взаимоотношений.

Гендерная идентичность — это представление индивида о собственной роли в обществе как женщины, мужчины или представителя иного гендера. Она отражает восприятие человеком собственного гендера и его индивидуальный опыт, который может соответствовать или не соответствовать полу, определённому при рождении. Гендерная идентичность является категорией социальной идентичности и связана с самоидентификацией личности как мужчины, женщины или представителя иного гендера.

Гендер обладает экономическими, историческими, религиозными, социальными, политическими и культурными характеристиками. Эти характеристики не являются статичными, а изменяются с течением времени под влиянием культурных факторов [5].

В рамках *Организации Объединённых Наций* понятие «гендер» как особый ключевой термин широко, систематически и целенаправленно используется с 1985 года. На Третьей Всемирной конференции по положению женщин, состоявшейся в 1985 году в городе Найроби, был принят важный документ — «Перспективные стратегии деятельности по улучшению положения женщин». В данном документе понятие «гендер» употребляется 16 раз как самостоятельно, так и в составе таких словосочетаний, как «дискриминация по гендерному признаку», «гендерная предвзятость», «гендерное насилие», «гендерные роли», «гендерные стереотипы», «гендерные нормы», «гендерная статистика», «гендерные индикаторы» и др.

В наши дни часто рассматривается понятие «гендерное равенство», которое означает равные права, обязанности и возможности для женщин и мужчин, мальчиков и девочек. Равенство не означает, что женщины и мужчины станут одинаковыми, а предполагает, что права, обязанности и возможности женщин и мужчин не будут зависеть от того обстоятельства, родились ли они мужчиной или женщиной. Гендерное равенство предполагает учёт интересов, потребностей и приоритетов как женщин, так и мужчин. Гендерная справедливость представляет собой процесс справедливого отношения к женщинам и мужчинам. Для обеспечения справедливости нередко необходимы специальные стратегии и меры, направленные на компенсацию исторического и социального неравенства возможностей женщин, которое препятствует женщинам и мужчинам действовать в условиях

равной конкуренции. Справедливость приводит к равенству. Гендерное равенство не является исключительно «женской проблемой» — оно должно касаться как мужчин, так и женщин.

Из всего сказанного следует, что в условиях гендерного равенства мужчины и женщины обладают равными правами и обязанностями.

В так называемых теориях идентификации гендерной социализации раскрываются и объясняются механизмы формирования гендерной идентичности. З. Фрейд объясняет процесс гендерной идентификации посредством комплексов «Эдипа» и «Электры». Эти комплексы проявляются в бессознательном сексуальном влечении к представителю противоположного пола и чувстве ревности по отношению к родителю своего пола, сопровождающемся стремлением физически устранить его. Подобные желания вызывают у ребёнка чувство вины и страх наказания, что приводит к возникновению бессознательного конфликта, разрешением которого становится идентификация с родителем того же пола. Таким образом формируется нормальная гендерная идентичность [8].

Н. Чодороу объясняет гендерные различия не анатомическими особенностями, а тем фактом, что женщины повсеместно в большей степени несут ответственность за уход за ребёнком. Поскольку первым опекуном ребёнка почти всегда является женщина, первичная идентификация происходит именно с женским полом. Позднее, когда мальчик осознаёт, что он и его мать принадлежат к разным полам, он вынужден разрушить эту первичную идентификацию и сформировать другую — мужскую идентичность. Сталкиваясь с ожиданиями и требованиями быть мужчиной, но не имея того, у кого можно было бы научиться мужественности (поскольку отец не всегда доступен в качестве образца для подражания), мальчики нередко определяют её через отрицательные критерии — то есть мужественность понимается как всё то, что не является женским или в чём отсутствует женское начало. Следовательно, они отвергают всё, что кажется им женственным или женским [10; 169].

По мнению Э. Бадентэр, мужская идентичность формируется на основе отрицания женственности, а не в результате становления мужественности, поскольку с раннего детства мальчиков учат не столько «быть мужественными», сколько «не быть женственными» [1]. Формирование мужской идентичности посредством отрицания женственности (связанной с привязанностью к матери) приводит к вытеснению и недооценке женственности на глубинных психологических и культурных уровнях, что, в свою очередь, создаёт основу для подчинённого положения женщин и гендерного неравенства [9; 20].

Следует отметить, что основным психологическим достижением ранней юности (15–17 лет) является открытие собственного внутреннего мира. Если для ребёнка единственной осознаваемой реальностью выступает внешний мир, на который он проецирует своё воображение, то для подростка внешний, физический мир становится лишь одной из возможностей субъективного опыта, в центре которого находится он сам. Для подростка «открытие» собственного внутреннего мира является важным, радостным и волнующим событием, которое одновременно сопровождается тревожными и нередко драматическими переживаниями. Внутреннее «Я» может не совпадать с внешним поведением, что порождает определённые трудности самоконтроля. Не случайно жалобы на слабость воли являются одной из наиболее распространённых форм самокритики у подростков [7].

Для подростков особенно важными являются процессы развития самосознания и динамика развития «Я». На основе имеющихся данных можно отметить, что все подростки начинают с относительно рассеянного и неопределённого состояния идентичности. Развитие социально-психологических особенностей и личностного самоопределения завершается уже за пределами школьного возраста — в среднем в период от 18 до 21 года [6].

Уровень развития «Я» тесно связан с развитием других индивидуальных качеств личности. Старший школьный возраст является периодом формирования взглядов и убеждений, становления мировоззрения, а также созревания его когнитивных, эмоциональных и личностных предпосылок. В этот период наблюдается не только увеличение объёма знаний, но и значительное расширение интеллектуального кругозора старшеклассников. У подростков существенно различаются уровень знаний и теоретической осведомлённости, а также круг интересов, что становится стимулом для развития так называемого «философского» мышления. Именно отсюда возникает потребность в поиске смысла жизни, стремление определить перспективы собственного существования и развития всего человечества [4].

Старший школьный возраст является периодом формирования собственных взглядов и отношений, временем самоопределения и активных поисков. Именно в этом проявляется самостоятельность подростков. Если подростки более раннего возраста проявляют свою независимость главным образом в поступках, то старшеклассники рассматривают в качестве важнейшей сферы проявления независимости собственные взгляды, оценки и мнения.

В старшем школьном возрасте происходят значительные морфофункциональные изменения, завершающиеся физическим и половым

созреванием. У юношей и девушек эти изменения включают интенсивный рост, развитие репродуктивных органов и проявление вторичных половых признаков.

Изменения, происходящие в организме, вызывают серьёзные изменения и в процессе самоопределения личности. Юноши и девушки одновременно испытывают интерес, восхищение и тревогу по поводу происходящих в их теле изменений. Рано созревающие юноши нередко получают определённые преимущества по сравнению с поздно созревающими сверстниками, тогда как у девушек раннее созревание может иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

Дифференциация половых признаков и социальных ролей, а также оценка соответствия предполагаемым нормам и стандартам являются одним из центральных аспектов юношеского сознания и самосознания. Юноши особенно болезненно воспринимают невысокий рост, отставание от сверстников или позднее появление вторичных половых признаков, а также отсутствие некоторых черт характера, которые, по их мнению, не соответствуют представлению о «мужественности» [3].

Основным личностным новообразованием юношеского возраста является социально-психологическая готовность к жизненному самоопределению. Основой такой готовности у старшеклассников выступает формирование устойчивых и осознанных представлений о своих правах и обязанностях по отношению к обществу, другим людям, а также моральным принципам и убеждениям. Важную роль играют осознание ответственности, понимание собственных обязанностей и способность их анализировать. Именно развитие этих психологических качеств обеспечивает в будущем сознательную, активную и творческую жизнедеятельность человека. Для учащихся старших классов особенно актуальной является проблема смысла человеческой жизни, и то, каким образом будет решён этот вопрос, во многом зависит от уровня нравственного развития конкретной личности [2].

Исходя из приведённых фактов, можно сделать вывод о том, что в старшем школьном возрасте происходит формирование самосознания и осмысление собственного «Я». Старший школьный возраст является периодом становления личных взглядов и убеждений.

В рамках исследования нами была проведена работа с учащимися Лорийской области: с 30 учащимися 11-го класса старшей школы города Ванадзора, а также с 30 учащимися 11-го класса средней школы города Алаверди. Неформальная методика была реализована с участием 10 юношей и 10 девушек 11-го класса старшей школы города Ванадзора (из той же выборки).

С целью исследования были использованы такие методы, как беседа, наблюдение, опросник С. Бем «Гендерная идентичность», а также неформальная методика половой идентификации.

В ходе беседы со старшеклассниками было выявлено, что большинство участников обладают базовым пониманием понятий стереотипа, гендерного неравенства и дискриминации по половому признаку. При этом часть учащихся демонстрировала устойчивые стереотипные представления, особенно в контексте традиционных гендерных ролей.

Наблюдение косвенно позволило оценить особенности социального поведения: активное участие чаще проявляли учащиеся с более высокой уверенностью в себе и навыками аргументированной коммуникации. Межличностные взаимодействия показывали склонность к поддержке мнений, соответствующих общепринятым стереотипам, и меньшую активность при обсуждении альтернативных точек зрения.

Таким образом, метод беседы продемонстрировал свою эффективность не только в выявлении уровня осведомленности старшеклассников о гендерных вопросах, но и в анализе их эмоциональной реакции, критического мышления и готовности к открытому обсуждению чувствительных тем.

Опросник гендерной идентичности С. Бем в научной литературе известен как BSRI (Bem Sex Role Inventory) — методика измерения полоролевых характеристик. Данный опросник используется для выявления степени выраженности мужских и женских качеств, а также позволяет определить тип личности — маскулинный, феминный или андрогинный. Инвентаризация полоролевых характеристик, предложенная Сандрой Бем, представляет собой метод определения «гендерной типизации» личности. Согласно данной концепции, каждая личность может одновременно обладать как женственными, так и мужскими качествами.

Следует отметить, что данный опросник подвергался критике ещё в прошлом столетии: ставилась под сомнение его валидность в условиях современного общества. Тем не менее он остаётся одной из наиболее широко используемых методик в гендерных исследованиях.

В результате анализа опросника «Гендерная идентичность» Сандры Бем были получены следующие результаты, на основании которых был проведён соответствующий анализ.

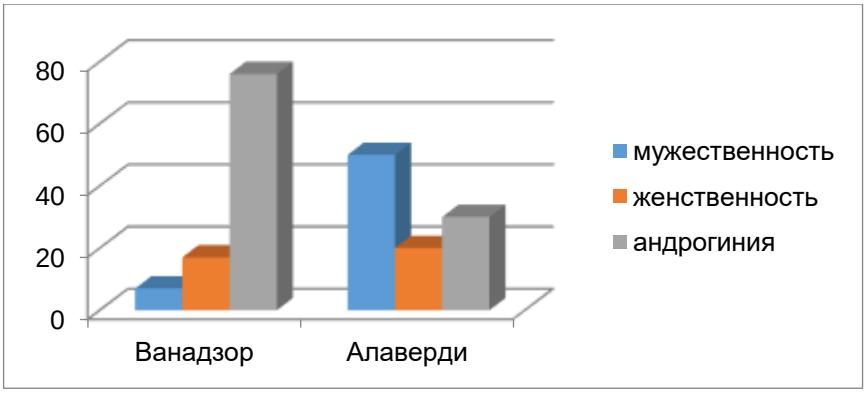


График 1. Исследование гендерной идентичности.

Сравнительный анализ данных из Алаверди и Ванадзора показал, что среди опрошенных в Ванадзоре 7% и в Алаверди — 50% склонны к мужественности (маскулинности). Это свидетельствует о том, что такие участники характеризуются независимостью, уверенностью в себе, стремлением к превосходству, агрессивностью и склонностью к риску. Специальные исследования показывают, что эти качества в основном связаны с уровнем мужских половых гормонов.

В то же время среди опрошенных в Ванадзоре 17% и в Алаверди 20% проявляют склонность к женственности (фемининности), что означает их чувствительность, застенчивость, эмпатию и мягкость. Одновременно следует учитывать и эмоциональные аспекты личности.

Согласно сравнению данных между Алавердом и Ванадзором, 76% участников из Ванадзора и 30% из Алаверди склонны к андрогинности. Согласно существующим представлениям, индивид не обязательно обладает чётко выраженными мужскими или женскими чертами. Личность может одновременно проявлять значимые характеристики как мужского, так и женского типов (см. график 1).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что старшеклассники Ванадзора в большей степени склонны к андрогинности, тогда как старшеклассники Алаверди — к маскулинности.

Кроме того, была применена неформальная методика, направленная на выявление полоролевой идентификации в процессе гендерной социализации, результаты которой представлены далее. Эта методика была применена только в Ванадзоре, так как данный город является более крупным и разнообразным по социально-демографическим характеристикам, что позволяет получить более репрезентативные данные о проявлениях полоролевой идентификации среди старшеклассников. Следует также отметить, что, в соответствии с

методикой С. Бем, в Ванадзоре был зафиксирован высокий уровень андрогинности.

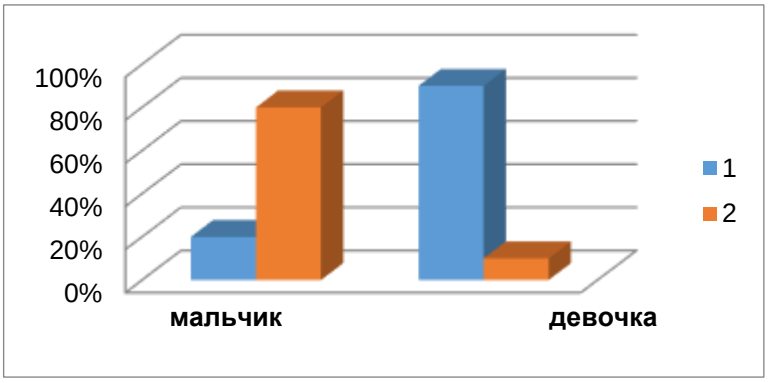


График 2

На вопрос, купят ли они одежду (или предмет), предназначенную для мальчиков (для девочек), 80% мальчиков ответили «нет», а оставшиеся 20% считают это нормальным. Среди девочек 90% поддерживают покупку, а 10% — нет. Те, кто ответил «да», считают, что, если вещь им нравится, они будут носить её независимо от того, для какого пола она предназначена. А те, кто ответил «нет», считают, что всё, что предназначено для мальчиков, должны носить мальчики, и наоборот (см. график 2).

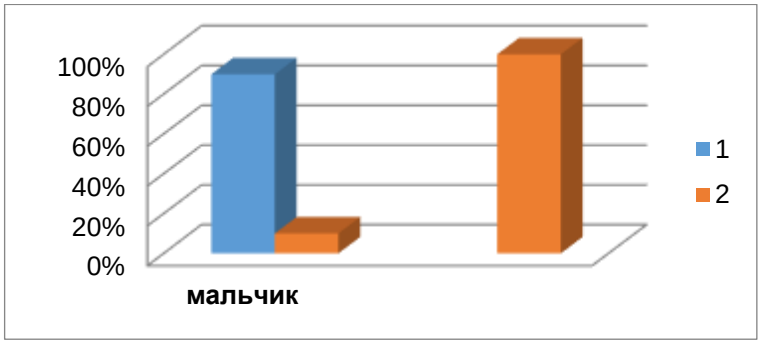


График 3.

На вопрос о том, оправданы ли требования общества, предъявляемые к их полу (например, «девочка — слабая», «мальчик — сильный»), 90% мальчиков считают их оправданными, а 10% — нет. Среди девочек 100% не поддерживают эти стереотипы. Это свидетельствует о том, что мальчики воспринимают себя как сильный пол, а девочек — как слабый (см. график 3).

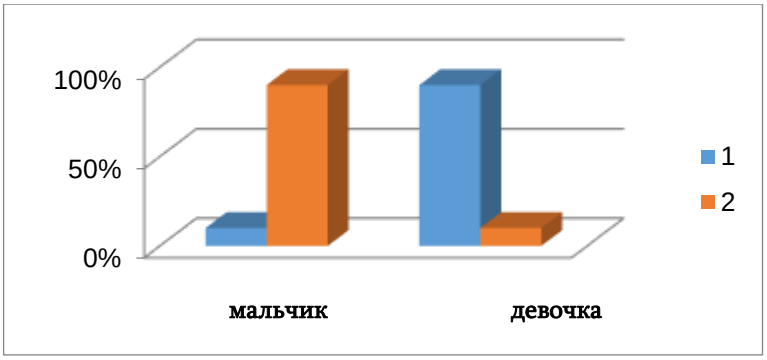


График 4.

На вопрос о том, думали ли они или когда-либо задумывались, что у мальчиков (девочек) в жизни больше возможностей, чем у них самих, 10% мальчиков считали, что у них больше возможностей, а 90% — нет. Среди девочек 90% считали, что у мальчиков больше возможностей, а 10% — нет (см. график 4). Речь идет о дискриминации, то есть о том, что возможности мальчиков оцениваются как более широкие, чем у девочек.

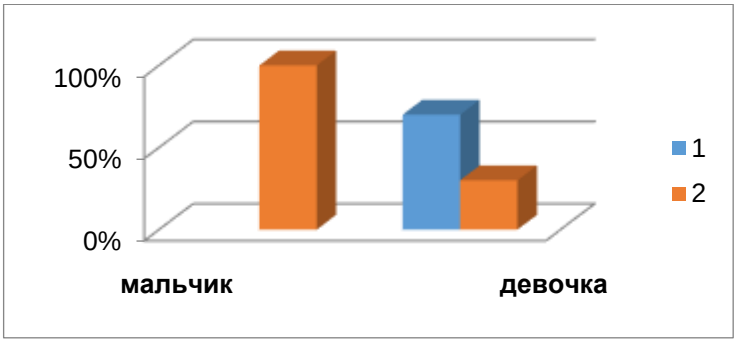


График 5.

На вопрос о том, примут ли они мальчика (девочку), проявляющего поведение, свойственное противоположному полу, 100% мальчиков ответили, что не примут, а среди девочек 70% выразили согласие и 30% — несогласие. Это означает, что девочки воспринимают такое поведение как нормальное, а мальчики — нет (см. график 5).

На основе этих данных можно сделать вывод, что в старших классах у мальчиков проявляется более выраженная гендерная дискриминация.

Таким образом, согласно проведённому исследованию, в старшем школьном возрасте и мальчики, и девочки склонны к андрогинии. Это означает сочетание признаков обоих полов. Согласно существующим концепциям, индивидуум не обязательно должен обладать строго определёнными мужскими или женскими чертами; гендерная социализация также затрагивает проблемы стереотипов и гендерной дискриминации.

Заключение: В ходе исследования было детально изучено состояние гендерной социализации старшеклассников в городах Ванадзор и Алаверди с использованием сравнительного анализа. Полученные данные позволили выявить различия в восприятии гендерных ролей между участниками: девочки демонстрируют большую готовность принимать поведение, выходящее за рамки традиционных стереотипов, тогда как мальчики чаще придерживаются консервативных представлений о «мужском» и «женском».

Наблюдения показали наличие устойчивых гендерных стереотипов и элементов дискриминации, которые оказывают влияние на формирование самосознания, самооценки и социального поведения учащихся. Вместе с тем отмечены проявления андрогинного поведения у обеих групп, что свидетельствует о гибкости восприятия гендерных ролей и возможности сочетания признаков обоих полов.

Сравнительный анализ по городам показал, что в Ванадзоре большинство участников обладают умеренным уровнем понимания гендерных норм и демонстрируют более сбалансированное отношение к традиционным ролям. В Алаверди, напротив, наблюдается более выраженная склонность к традиционным стереотипам, что отражается на уровне самопознания, уверенности в себе и проявлении инициативности в социальных взаимодействиях.

Таким образом, исследование подтверждает, что гендерная социализация оказывает значительное влияние на личностное развитие старшеклассников, их эмоциональное восприятие, критическое мышление и готовность к открытому обсуждению чувствительных тем. Полученные результаты подчёркивают важность комплексного педагогического подхода, направленного на формирование равных возможностей, развитие гендерной осведомлённости и снижение стереотипов и дискриминации в образовательной среде.

Список литературы:

1. Badinter, E. (1995). *Мужская сущность*. Москва: АО «Издательство Новости», 304 с.
2. Vygotsky, L. S. (2002). Развитие личности и мировоззрение ребенка. В: Ю. Б. Гиппенрейтер, А. А. Пузырей (ред.), *Психология личности* (сс. 161–174). Москва: АСТ.
3. Gabdreeva, G. Sh. (2000). *Формирование способности к самоуправлению психическим состоянием у студентов с высоким уровнем тревожности* (дисс. канд. психол. наук). Москва, 180 с.
4. Malkova, E. E. (2007). *Психодиагностическая методика многомерной оценки детской тревожности: пособие для врачей и психологов*. Санкт-Петербург: Речь, 112 с.
5. Matyushkova, S. D. (2007). *Гендерные основы образования*. Москва: Московский психолого-социальный институт, 192 с.

6. Mukhina, V. S. (2007). *Возрастная психология: феноменология развития, детство, отрочество*. Москва: Академия, 640 с.
7. Kon, I. S. (2005). *Открытие «Я»*. Москва: АСТ, 336 с.
8. Freud, S. (1989). *Введение в психоанализ: лекции*. Москва: Наука, 456 с.
9. Chodorow, N. (2006). *Воспроизводство материнства: психоанализ и социология гендера*. Москва: РОССПЭН, 496 с.
10. Chodorow, N. (1978). *The Reproduction of Mothering: Psychoanalysis and the Sociology of Gender*. Berkeley: University of California Press, 304 p.

УДК 378.016

Тянь Хаожань
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

ИНТЕГРАЦИЯ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ АЛЬТИСТА

Аннотация: в статье детально рассматривается феномен «эстетического воспитания», раскрываются его внутреннее строение и национальная специфика в Китае. Опираясь на труды педагогов-классиков, автор прослеживает эволюцию концепций и принципов профессиональной подготовки музыкантов-педагогов. Подчеркивается, что для виолиста ключевой детерминант эстетического саморазвития – искусство музыки, «проникающее в человеческое сердце столь глубоко, что способно воплотить движения души». Многогранную проблему формирования эстетической культуры альтистов исследуют через: упорядочение чувственного опыта и его рефлексию, анализ художественного мышления, изучение механизмов нравственно-эстетического и художественного воспитания.

Ключевые слова: альтист, эстетическое воспитание, профессиональная подготовка, музыкальная педагогика, исполнительское мастерство, художественная интерпретация, музыкальное образование, творческое развитие.

Введение. Эстетическое отношение альтиста, понимаемое как духовно-практическое и целостное взаимодействие с окружающим миром, дает возможность воспринимать реальность не просто как результат объективации чужого творческого потенциала, но и как поле для полноценных актов самореализации собственного творческого Я. При таком ракурсе эстетическая восприимчивость и креативные умения выступают взаимосвязанными компонентами единого процесса эстетического становления личности музыканта-исполнителя [1]. Отсюда вытекает необходимость органичного включения эстетического развития в структуру профессиональной подготовки альтиста, что должно стать важным звеном его художественно-педагогической траектории [2, с. 28]. Однако проблема формирования эстетического потенциала альтистов до сих пор не подвергалась комплексному и системному научному анализу [3, с. 63]. Хотя отдельные пути ее решения упоминаются в рамках конкретных элементов музыкально-педагогической системы, они до настоящего времени остаются недостаточно проработанными как в концептуальном, так и в методологическом плане.

Резултаты исследования. В в актуальной системе профессиональной подготовки преподавателей, работающих с альтистами, моносубъектный познавательный подход продолжает занимать значимое место и применяется весьма широко [4, с. 175]. Однако, несмотря на его эстетическое неприятие, множество педагогов неизменно используют эту методологию на практике, что порождает ключевое противоречие современного музыкально-педагогического образования [5, с. 90].

Несомненно, расхождение эстетических и методических установок преподавателей, трактующих сущность музыкального искусства, имеет объективные предпосылки. Ключевая из них в том, что усложненная «технология» музыкального языка выдвигает на авансцену сугубо профессиональные аспекты музыкально-исполнительской подготовки. Между тем овладение этой кодифицированной системой средств вне художественно-эмоционального, образного содержания принципиально нереализуемо. В результате студент получает «готовый» звуко-художественный продукт, а его восприятию навязывается либо просветительская трактовка, либо личностно-окрашенная, зависимая от вкусов педагога, субъективная интерпретация. Тем самым музыка редуцируется до внешней для субъекта оболочки и превращается в форму внешней регуляции его музыкально-творческой активности.

Как подчеркивает Гу Ифань, модель, которая выводит на авансцену внешнюю детерминацию музыкальной деятельности, укоренена в авторитарной педагогической традиции. Хотя в современной музыкально-педагогической практике встречается немало интерпретаций этого алгоритма, все они остаются в русле моносубъектного, «предметно-познавательного» подхода и принципиально трактуют музыкальную активность как изначально задаваемую внешними факторами [5, с. 92].

В современной высшей музыкальной педагогике сформировалось достаточно ясное понимание специфики профессионально-педагогической деятельности альтиста-методиста. Подобная деятельность традиционно трактуется как особая творческо-педагогическая практика, ориентированная на эффективное разрешение образовательных задач средствами музыкального искусства.

Наиболее глубокий и обстоятельный анализ музыкально-педагогической деятельности принадлежит И. В. Арановской, которая трактует ее как ключевой системообразующий фактор, формирующий как личностно-профессиональные характеристики будущего специалиста, так и совокупность приобретаемых в вузе знаний, навыков и умений. Подробно исследуя структурные элементы данной деятельности, исследовательница

подчеркивает, что профессионально-деятельностный подход требует выстраивания разных видов активности учителя музыки в их органичном, интегративном единстве [1].

Признавая обоснованность изложенного выше методологического вектора музыкально-педагогической практики, следует подчеркнуть: для органичного включения эстетического развития в образовательную стратегию альтиста ему требуется спектр компетенций, существенно выходящих за пределы традиционного понятия «музыкально-педагогическая деятельность» (см. табл. 1).

Таблица 1. Основные направления интеграции эстетического воспитания в профессиональную подготовку альтиста в Китае

№	Направление	Содержание	Педагогические механизмы	Формируемые качества
1	Формирование художественного вкуса	Освоение репертуара различных эпох и стилей	Анализ произведений, работа с партитурами	Музыкальная эрудиция, стильность исполнения
2	Развитие образного мышления	Интерпретация музыкального текста через художественные образы	Прослушивание, сравнительный анализ интерпретаций	Эмоциональная выразительность
3	Эстетическое переживание музыки	Формирование эмоционально-ценностного отношения	Исполнительский анализ, рефлексия	Эмоциональная глубина исполнения
4	Ансамблевая практика	Участие в оркестрах и камерных ансамблях	Совместные репетиции, дирижерская работа	Чувство ансамбля, коммуникация
5	Интеграция традиций и инноваций	Синтез китайских и западных музыкальных традиций	Межкультурный анализ, цифровые технологии	Культурная гибкость
6	Формирование сценической культуры	Концертная деятельность студентов	Сценическая практика, психологическая подготовка	Артистизм, уверенность
7	Формирование эстетического идеала	Осмысление музыки как духовной ценности	Философский анализ, дискуссии	Духовное развитие

Музыкально-педагогическая активность в плоскости эстетического становления альтиста следует трактовать как целостную, динамичную психическую реальность, постоянно обогащающуюся новым смысловым содержанием и художественно-ценностными ориентирами. Отсюда вытекает необходимость воспринимать ее как средство раскрытия креативного потенциала как ребенка, так и взрослого исполнителя-педагога. С позиции личностно-развивающего подхода данная парадигма формирует у музыканта внутреннюю мотивацию выступать субъектом эволюции музыкальной культуры через педагогическое творчество и рефлексию.

Выводы: Предлагаемая модель музыкально-педагогической практики предоставляет альтисту возможность выйти за рамки устоявшегося представления об уроке, где по шаблону чередуются хоровое пение, инструментальное исполнение, разбор нотной грамоты и т.п. Подобная концепция, однако, предполагает, что исполнитель овладеет принципиально иным набором качеств: на первый план выходят не столько узкоспециальные, сколько креативные способности. В сочетании с преобразованием мотивационной структуры педагога – от предметно-технической к культурно-художественной направленности – это формирует интегральный процесс его эстетического самосовершенствования.

Важно подчеркнуть, что в центре обсуждения музыкальных способностей находится проблема невозможности объяснить музыкально-творческую одаренность лишь высокоразвитой перцептивной сферой: даже совершенный слуховой анализ не охватывает всей сути творческого процесса. Следуя общей логике психолого-педагогических исследований, изучающих превращение отдельных психических качеств в продуктивное творчество, современная музыкальная педагогика все настойчивее отвергает традиционную триаду «музыкальный слух – чувство ритма – музыкальная память» как исчерпывающий критерий дарования, даже при идеальной методике обучения. Напротив, все более востребован подробный анализ состава и иерархии необходимых способностей, их взаимосвязи с мотивационно-личностными характеристиками, креативностью и эмоционально-волевой сферой учащегося.

Список литературы:

1. Арановская И.В., Гу Ифань Эстетическое воспитание студентов в системе высшего музыкального образования Китая // KANT. 2022. № 4(45).
2. Гу Ифань Возможности общего музыкального образования в решении задач эстетического воспитания в Китае // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2022. № 94. С. 26-29.

3. Ван Г. Возможности музыкального образования в решении задач эстетического воспитания в современном Китае // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 5-2(92). С. 62-65.
4. Мозгот В.Г. Отражение эстетического идеала в китайском музыкальном образовании // Искусство и образование. 2024. № 1 (147). С. 173-178.
5. Гу Ифань Теория эстетического воспитания в современном Китае: традиции и инновации // Известия Волгоградского государственного педагогического университета (сер. «Педагогические науки»). 2019. № 9(142). С. 89-93.

УДК 159.9.072:616.891.6

Ходорковская Т. В.
Московский психолого-социальный университет, Москва, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДПДГ-ТЕРАПИИ В КУПИРОВАНИИ ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ ТРЕВОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ У СОВЕРШЕННОЛЕТНИХ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАТИВНОГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения метода десенсибилизации и переработки травмы движениями глаз (ДПДГ) в рамках интегративного подхода к психологическому консультированию взрослых клиентов, страдающих острыми и хроническими тревожными состояниями. Автором анализируются нейрофизиологические механизмы воздействия билатеральной стимуляции на процессы адаптивной переработки информации, а также рассматриваются особенности интеграции ДПДГ-протоколов в структуру консультативного процесса. На основе обобщения клинического опыта и данных эмпирических наблюдений делается вывод о высокой эффективности метода в купировании симптоматики как ситуативной, так и генерализованной тревоги. Особое внимание уделяется критериям безопасности применения метода, факторам, обеспечивающим устойчивость терапевтического результата.

Ключевые слова: десенсибилизация и переработка травмы движениями глаз, тревожные состояния, интегративное психологическое консультирование, билатеральная стимуляция, адаптивная переработка информации.

Традиционные модели психологического консультирования, основанные преимущественно на когнитивно-поведенческом или психоаналитическом подходах, не всегда позволяют в равной степени эффективно воздействовать на все уровни тревожного регистра. В этой связи возрастает интерес к интегративным моделям, в рамках которых происходит синтез техник, направленных на работу с осознаваемыми мыслями, телесными ощущениями и глубинными нейродинамическими процессами. Одним из наиболее перспективных направлений в данной парадигме является метод десенсибилизации и переработки травмы движениями глаз, разработанный Ф. Шапиро, который изначально позиционировался как средство работы с посттравматическим стрессовым расстройством, однако его терапевтический потенциал в отношении тревожных состояний доказан многочисленными исследованиями.

Целью настоящей работы является теоретическое обоснование и анализ эффективности применения ДПДГ-терапии в структуре интегративного

психологического консультирования совершеннолетних лиц, направленного на купирование острых и хронических тревожных состояний.

Для понимания эффективности ДПДГ-терапии в купировании тревожных состояний необходимо обратиться к концепции адаптивной переработки информации, лежащей в основе метода. Согласно данной модели, нервная система обладает врожденной способностью к переработке поступающей информации до состояния адаптивного разрешения, при котором травматический или стрессогенный опыт интегрируется в существующие когнитивные и эмоциональные схемы. Однако под воздействием интенсивного стресса, особенно в условиях субъективной беспомощности, этот механизм блокируется. Непереработанная информация «застревает» в нейронных сетях в том виде, в котором она была воспринята в момент стресса, сохраняя аффективный, соматический и когнитивный компоненты [1].

Тревожное состояние в данном контексте рассматривается как проявление дисфункционально хранящегося материала, который активируется под воздействием внутренних или внешних триггеров, сходных с исходным событием. Хроническая тревога, не имеющая явной травматической привязки, также может быть следствием генерализованной дезадаптации системы переработки информации, когда любые неопределенные стимулы начинают оцениваться через призму угрозы. ДПДГ-терапия посредством билатеральной стимуляции (движения глаз, тактильные или слуховые стимулы) запускает ускоренный процесс адаптивной переработки. Нейрофизиологические исследования показывают, что ритмическая билатеральная стимуляция способствует синхронизации деятельности полушарий головного мозга, активирует парасимпатическую нервную систему и облегчает доступ к физиологически хранящейся памяти, позволяя интегрировать ее в новые, более адаптивные смысловые контексты.

Как отмечают Черкасова А. Н., Иванова Е. В., Иконникова Е. С., Люкманов Р. Х., Супонева Н. А., в условиях интегративного психологического консультирования ДПДГ не существует как изолированная техника. Интегративный подход предполагает объединение структурированных протоколов ДПДГ с элементами клиент-центрированного подхода, когнитивной терапии и соматической работы. Это объединение позволяет, во-первых, подготовить клиента к процессу переработки (фаза стабилизации), во-вторых, обеспечить безопасное удержание аффекта в процессе билатеральной стимуляции и, в-третьих, осуществить когнитивную интеграцию вновь сформированных адаптивных представлений в завершающих фазах работы. Такой симбиоз расширяет возможности консультирования, делая его

применимым для широкого спектра тревожных проявлений – от острых панических атак до хронических состояний, осложненных соматизацией [2].

Острые тревожные состояния в практике психологического консультирования чаще всего представлены паническими атаками, острыми стрессовыми реакциями и ситуативной тревогой высокой интенсивности. Ключевой особенностью работы с данной категорией клиентов является необходимость быстрого купирования физиологического возбуждения и восстановления чувства контроля. В рамках интегративного консультирования ДПДГ-терапия применяется как в форме полных протоколов (восемь фаз), так и в виде отдельных техник, направленных на экстренную стабилизацию.

Практика показывает, что уже на этапе ресурсной установки, предшествующей переработке травматического материала, использование билатеральной стимуляции для усиления положительных представлений о себе и зон безопасности позволяет значительно снизить уровень актуальной тревоги. При работе с острыми состояниями, особенно если они имеют четкую привязку к недавнему травматическому событию, стандартные протоколы ДПДГ демонстрируют высокую эффективность. Процесс десенсибилизации позволяет быстро снизить субъективную единицу дискомфорта, связанную с образом пугающей ситуации, а фаза инсталляции способствует формированию новой, реалистичной когнитивной оценки происшедшего. Важным аспектом является то, что купирование острого тревожного состояния с помощью ДПДГ не носит характер симптоматического «подавления», как это иногда происходит при применении исключительно дыхательных техник или фармакологических средств. Благодаря переработке базового стрессора, запустившего тревогу, достигается устранение причины, а не только следствия. В условиях интегративного подхода консультант сочетает ДПДГ-сессии с психообразованием, объясняя клиенту природу его реакции, что способствует дестигматизации переживаний и формированию позиции активного соучастия в процессе исцеления [3].

Хронические тревожные состояния, включая генерализованное тревожное расстройство, социальную тревожность и тревожно-фобические расстройства, представляют собой более сложный объект для терапевтического воздействия. В отличие от острых состояний, где этиологический фактор часто очевиден, хроническая тревога поддерживается множеством взаимосвязанных факторов: дезадаптивными убеждениями, избегающим поведением, телесными зажимами и, что наиболее значимо, наличием кластеров ранних травматических событий, так называемых «малых» травм развития.

Применение ДПДГ-терапии в таких случаях требует от консултанта высокой квалификации в области дифференциальной диагностики и интегративного планирования лечения. Работа строится не вокруг одного изолированного события, а вокруг тематического кластера – совокупности жизненных ситуаций, объединенных общей негативной темой (например, «я в опасности», «я беспомощен», «меня отвергнут»). В рамках интегративного консультирования процесс начинается с длительной фазы стабилизации, где используются техники соматической регуляции и когнитивного переструктурирования. Только после формирования достаточных ресурсов и способности клиента к саморегуляции консультант переходит к протоколам переработки. Эффективность ДПДГ в купировании хронической тревоги обусловлена возможностью воздействия на досознательный уровень фиксации угрозы. Часто клиенты с генерализованной тревогой не могут вербально сформулировать причину своего состояния, но в процессе билатеральной стимуляции на поверхность выходят сенсорные фрагменты раннего опыта – ощущения в теле, образы, не связанные явной логической связью [4].

Оценка эффективности ДПДГ-терапии в купировании тревожных состояний основывается на объективных и субъективных критериях. Объективными выступают снижение показателей по стандартизированным шкалам тревоги (Гамильтона, Спилбергера-Ханина) в динамике – до терапии, после активной фазы и в отсроченный период. Субъективными – качественные изменения самовосприятия, расширение зоны комфортной активности, исчезновение навязчивых антиципационных мыслей и восстановление сна. Устойчивость терапевтического результата напрямую связана с полнотой переработки всего травматического кластера. Этому способствует принцип инсталляции позитивного когнитивного конструкта, закрепляющий адаптивное убеждение вместо прежнего негативного, сопровождаемое телесным ощущением уверенности. Важным фактором выступает минимизация риска ретравматизации. В отличие от экспозиционных методов, ДПДГ-терапия не требует детального вербального проговаривания травматических деталей. Билатеральная стимуляция действует как естественный буфер, удерживая клиента в «окне толерантности» к стрессу.

Эффективность ДПДГ-терапии в рамках интегративного консультирования невозможна без качественного терапевтического альянса. Интегративный подход подчеркивает значимость фазы совместного планирования хода работы, определения мишеней для переработки и выбора типа билатеральной стимуляции с учетом состояния клиента. Интеграция ДПДГ обогащает базовые консультативные навыки, придавая

терапевтическому диалогу целенаправленность и высокую клиническую эффективность [5].

При всей эффективности ДПДГ-терапии в купировании тревожных состояний необходимо учитывать ряд ограничений. Метод требует осторожности у лиц с тяжелыми соматическими заболеваниями, затрагивающими сердечно-сосудистую систему, эпилепсией, в период беременности, а также у клиентов в состоянии острого психоза или под воздействием психоактивных веществ.

Таким образом, метод десенсибилизации и переработки травмы движениями глаз при интеграции в структуру психологического консультирования выступает эффективным инструментом купирования острых и хронических тревожных состояний у совершеннолетних лиц, обеспечивая быстрое редуцирование симптоматики и устойчивость результата благодаря полноте проработки травматических кластеров. Условием достижения клинической эффективности и безопасности выступает интегративный подход, сочетающий структурированные протоколы билатеральной стимуляции с техниками стабилизации и поддержанием качественного терапевтического альянса.

Список литературы:

1. Казенная, Е.В. (2023). Современное состояние исследований эффективности метода десенсибилизации и переработки движениями глаз (EMDR) при посттравматическом стрессовом расстройстве. Консультативная психология и психотерапия, 31(3), 69–90.
2. Черкасова А. Н., Иванова Е. В., Иконникова Е. С., Люкманов Р. Х., Супонева Н. А. Оценка эффективности психотерапии на основе метода десенсибилизации и переработки движением глаз в условиях виртуальной реальности // Живая психология. 2025. Т. 12, № 5. С. 117–133.
3. Jamshidi F., de Jongh A., Rajabi S., Dehghani Y., Pakizeh A. Face-to-face versus web-based EMDR therapy in the treatment of generalized anxiety disorder symptoms: a randomized controlled trial // Cognitive Therapy and Research. 2025. DOI: 10.1007/s10608-025-10641-x.
4. Клинические рекомендации «Паническое расстройство»: утв. М-вом здравоохранения Рос. Федерации, 2024 г. / Российское общество психиатров. М., 2024.
5. Kaptan S. K., Dursun B. O., Knowles M., Husain N., Varese F. Addressing mental health need after COVID-19: a systematic review of remote EMDR therapy studies as an emerging option // Frontiers in Psychiatry. 2024. Vol. 14. P. 1336569. DOI: 10.3389/fpsyt.2023.1336569.

УДК 159.9.072

Емельяненко М. Н.
Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва, Россия

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПЕРФЕКЦИОНИЗМА У ПОДРОСТКОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема перфекционизма в подростковом возрасте, который в условиях цифровизации и культа успеха приобретает деструктивные формы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью дифференциации адаптивных и дезадаптивных проявлений перфекционизма для разработки эффективных мер профилактики в образовательной среде. Цель работы — выявление взаимосвязи между различными типами перфекционизма и компонентами Я-концепции у подростков. В исследовании приняли участие 40 студентов первого и второго курса колледжа в возрасте 15–17 лет. Использовались методики: «Опросник перфекционизма» П. Хьюитта и Г. Флетта (адаптация И.И. Грачевой), «Трехфакторный опросник перфекционизма» Н.Г. Гаранян и А.Б. Холмогоровой, «Шкала перфекционизма APS-R» Р. Слейни, «Личностный опросник Я-концепция» (адаптация А.М. Прихожан). Результаты показали доминирование дезадаптивных форм перфекционизма: социально-предписанный перфекционизм выявлен у 51% респондентов, перфекционистская тревога — у 58%, прокрастинация — у 44%. Установлены значимые положительные корреляции тревожности с дезадаптивными видами перфекционизма и отрицательные связи уверенности в себе, удовлетворенности жизнью с этими же видами. Делается вывод о том, что дезадаптивные формы перфекционизма тесно связаны с несформированностью Я-концепции и требуют целенаправленной психолого-педагогической профилактики.

Ключевые слова: перфекционизм, подростковый возраст, Я-концепция, учебная деятельность, тревожность, адаптивный перфекционизм, дезадаптивный перфекционизм, социально-предписанный перфекционизм, психопрофилактика.

Введение

В XXI веке наблюдается устойчивая тенденция к росту показателей перфекционизма среди молодежи, что многие авторы связывают с определенными тенденциями в современной культуре [9; 14;]. Перфекционизм, понимаемый как стремление соответствовать высоким стандартам, сопровождающееся чрезмерной самокритикой и страхом неудачи, в своем деструктивном варианте становится фактором эмоциональной

дезадаптации, способствуя развитию тревожных и депрессивных состояний [5; 6; 14].

Особую уязвимость к формированию деструктивных перфекционистских установок проявляют подростки. Социальная ситуация развития современного подростка, по Л.С. Выготскому, характеризуется высокими ожиданиями со стороны общества, культом успеха, транслируемым через социальные сети, и постоянной системой рейтингов и оценок [4]. Цифровизация создает условия для непрерывного социального сравнения, усиливая давление и формируя у молодых людей убеждение в необходимости соответствовать навязанным идеалам [2;3]. Образование при этом выступает ключевым фактором достижения жизненного успеха, что порождает жесткую конкуренцию и страх не оправдать ожиданий [14].

При значительном количестве исследований, посвященных перфекционизму, недостаточно изученным остается вопрос о его связи с Я-концепцией подростка, а также о том, каким образом особенности самовосприятия и самоотношения определяют тип перфекционистских проявлений — адаптивный или дезадаптивный. Учитывая социальный запрос от психологической службы системы образования на разработку средств профилактики личностных деструкций, тема настоящего исследования представляется актуальной.

Цель исследования — выявление взаимосвязи между различными типами перфекционизма и компонентами Я-концепции у подростков, а также обоснование рекомендаций по профилактике деструктивных проявлений перфекционизма в учебной деятельности.

Результаты исследования

Методика и организация исследования

Эмпирическое исследование проводилось на базе Астраханского государственного колледжа профессиональных технологий (АГКПТ). В нем приняли участие 40 студентов первого и второго курса в возрасте от 15 до 17 лет (средний возраст 16,5 лет), из них 18 девушек и 22 юноши. Исследование проводилось анонимно, все участники были информированы о его целях.

Использовались следующие методики:

1. «Опросник перфекционизма» П. Хьюитта и Г. Флетта (адаптация И.И. Грачевой), позволяющий диагностировать три вида перфекционизма: самоориентированный, ориентированный на других и социально-предписанный [18].
2. «Трехфакторный опросник перфекционизма» Н.Г. Гаранян и А.Б. Холмогоровой, измеряющий озабоченность оценками со стороны других,

высокие стандарты и требования к себе, а также негативное селектирование и фиксацию на собственном несовершенстве [6].

3. «Шкала перфекционизма APS-R» Р. Слейни в адаптации С.Н. Ениколопова, позволяющая дифференцировать адаптивные (высокие стандарты, порядок) и дезадаптивные (несоответствие, перфекционистская тревога, прокрастинация) компоненты перфекционизма [17].

4. «Личностный опросник Я-концепция» (Е. Пирс, Д. Харрис в адаптации А.М. Прихожан), оценивающий различные аспекты самовосприятия подростков: поведение, интеллект, положение в школе, внешность, тревожность, общение, счастье и удовлетворенность, положение в семье, уверенность в себе [11].

Для математико-статистической обработки применялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена с использованием программного пакета Jamovi.

Результаты диагностики перфекционизма

Анализ данных по опроснику Хьюитта и Флетта показал, что у 51% респондентов диагностирован высокий уровень социально-предписанного перфекционизма, что свидетельствует о выраженном давлении воспринимаемых внешних ожиданий. Высокий уровень самоориентированного перфекционизма выявлен у 22% учащихся, а ориентированного на других — у 34% (табл. 1).

Таблица 1. Результаты обработки данных опросника перфекционизма П. Хьюитта, Г. Флетта

Виды перфекционизма	**Высокий уровень**	**Средний уровень**	**Низкий уровень**
Самоориентированный перфекционизм	22%	52%	26%
Ориентированный на других перфекционизм	34%	20%	46%
Социально-предписанный перфекционизм	51%	29%	19%

Результаты трехфакторного опросника Гаранян и Холмогоровой подтвердили доминирование дезадаптивных компонентов: «озабоченность оценками» (социально предписанный перфекционизм) составила 36%,

«негативное селектирование» (перфекционистский когнитивный стиль) — 32%, тогда как «высокие стандарты» (Я-адресованный перфекционизм) — лишь 30% (табл. 2).

Таблица 2. Результаты обработки данных опросника перфекционизма Н.Г. Гаранян и А.Б. Холмогоровой

Компонент перфекционизма	**Показатель выраженности**
Озабоченность оценками	36%
Высокие стандарты	30%
Негативное селектирование	32%

Наиболее показательные результаты получены по шкале APS-R (табл. 3). Наибольшую выраженность имеет «перфекционистская тревога» (58%), проявляющаяся в страхе неудачи и гипертрофированной реакции на несовершенство результатов. Высок также показатель «несоответствия» (56%) — ощущения неспособности соответствовать собственным стандартам. Уровень прокрастинации, как следствия страха неудачи, достигает 44%. Это указывает на системный характер дезадаптации, затрагивающий эмоциональную, когнитивную и поведенческую сферы.

Таблица 3. Результаты шкалы APS-R P. Слейни

Фактор	**Показатель выраженности**
Несоответствие	56%
Стандарты	33%
Порядок	22%
Отношения	37%
Перфекционистская тревога	58%
Прокрастинация	44%

Результаты корреляционного анализа

В результате корреляционного анализа между показателями опросника Я-концепции и шкалами, измеряющими различные аспекты перфекционизма, был выявлен ряд статистически значимых взаимосвязей.

Наиболее сильные положительные корреляции (на уровне $p<0,01–0,001$) обнаружены между показателями тревожности и дезадаптивными шкалами перфекционизма: «межличностные отношения» ($r = 0,66$; $p<0,01$) и «прокрастинация/тревога» ($r = 0,71$; $p<0,001$), а также с перфекционизмом, ориентированным на других ($r = 0,42$; $p<0,01$). Кроме того, положительные связи на уровне $p<0,05$ зафиксированы между тревожностью и самоориентированным ($r = 0,87$; $p<0,05$), а также социально-предписанным ($r = 0,56$; $p<0,05$) перфекционизмом.

Значимые положительные корреляции ($p<0,01$) также выявлены между шкалой «поведение» и адаптивным компонентом «порядок» ($r = 0,67$; $p<0,01$), а также между самоориентированным ($r = 0,67$; $p<0,01$), ориентированным на других и социально-предписанным ($r = 0,47$; $p<0,05$) перфекционизмом. Шкала «порядок» положительно коррелирует с показателями по шкале «школа» ($r = 0,57$; $p<0,01$). На уровне $p<0,05$ зафиксирована положительная связь между показателем уверенности в себе и шкалой «порядок» ($r = 0,66$; $p<0,05$).

Отрицательные корреляционные связи демонстрируют иную картину. На высоком уровне значимости ($p<0,001$) выявлена отрицательная связь между адаптивным перфекционизмом (шкала «порядок») и тревожностью ($r = –0,71$; $p<0,001$). На уровне $p<0,01$ обнаружены отрицательные корреляции между дезадаптивным перфекционизмом (шкала «межличностные отношения») и показателями по шкале «школа» ($r = –0,72$; $p<0,01$), а также между социально-предписанным перфекционизмом и счастьем ($r = –0,65$; $p<0,01$). Статистически значимые отрицательные связи на уровне $p<0,05$ установлены между:

- уверенностью в себе и дезадаптивными шкалами «межличностные отношения» ($r = –0,53$; $p<0,05$) и «прокрастинация/тревога» ($r = –0,57$; $p<0,05$);
- уверенностью и самоориентированным ($r = –0,38$; $p<0,05$), а также ориентированным на других ($r = –0,35$; $p<0,05$) перфекционизмом;
- счастьем и ориентированным на других перфекционизмом ($r = –0,53$; $p<0,05$);
- показателями по шкале «общение» и дезадаптивными формами перфекционизма ($r = –0,46$ и $r = –0,56$; $p<0,05$).

Обсуждение результатов

Полученные данные свидетельствуют о том, что уровень тревожности значимо снижается с повышением адаптивного перфекционизма (шкала

«Порядок») и, напротив, возрастает при увеличении показателей дезадаптивных шкал и типов перфекционизма. Уверенность в себе и удовлетворенность жизнью (счастье) отрицательно коррелируют с дезадаптивными формами перфекционизма. Самоориентированный перфекционизм, хотя и положительно связан с тревожностью, также коррелирует с адаптивным компонентом «Поведение», что подтверждает его двойственную природу, описанную в литературе [2; 7].

Доминирование перфекционистской тревоги (58%) и высокий уровень прокрастинации (44%) указывают на то, что ключевым проявлением дезадаптивного перфекционизма является не столько стремление к идеалу, сколько страх неудачи и негативной оценки. Это свидетельствует о том, что перфекционизм функционирует как механизм психологической защиты, который, однако, приводит к хроническому стрессу и эмоциональному истощению.

Таким образом, выявленные взаимосвязи подтверждают гипотезу исследования. Подростки с высокими показателями дезадаптивного перфекционизма демонстрируют признаки несформированной Я-концепции: повышенную тревожность, сниженную уверенность в себе и неудовлетворенность жизнью. Дезадаптивные формы перфекционизма (особенно социально-предписанный и перфекционистский когнитивный стиль) выступают маркерами личностного неблагополучия и риска дезадаптации в образовательной среде, что согласуется с данными современных исследований [2; 9].

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Перфекционизм в подростковой среде представляет собой неоднородный феномен, включающий как адаптивные (стремление к порядку, высокие стандарты), так и дезадаптивные компоненты (перфекционистская тревога, прокрастинация, социально-предписанный перфекционизм).
2. Дезадаптивные формы перфекционизма тесно связаны с несформированностью Я-концепции, проявляющейся в высокой тревожности, низкой уверенности в себе и субъективной неудовлетворенности жизнью.
3. Выявленные корреляции между тревожностью, неуверенностью и различными типами перфекционизма указывают на необходимость целенаправленной психолого-педагогической профилактики.

Научно-практическая значимость исследования заключается в том, что полученные данные могут быть использованы психологическими службами образовательных учреждений для разработки программ профилактики и коррекции деструктивных проявлений перфекционизма у подростков. На

основе полученных данных могут быть разработаны рекомендации для педагогов и психологов, включающие: организацию поддерживающей образовательной среды с акцентом на процесс, а не только на результат; внедрение гибкой системы оценивания; обучение подростков техникам эмоциональной саморегуляции и реструктуризации дисфункциональных убеждений; развитие навыков целеполагания и тайм-менеджмента; психологическое просвещение по вопросам здоровой мотивации и принятия ошибок как естественной части учебного процесса.

Список литературы:

1. Бондарева М.Ю. Взаимосвязь образа Я и субъективного переживания эмоционального благополучия личности (на примере подростков). – Хабаровск: ТОГУ, 2018. – 187 с. ISBN 978-5-7389-2612-9 .
2. Веребчан Н.Н. Системный подход к исследованию индивидуально-психологических детерминант развития перфекционизма студента // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2022. – № 4. – С. 332–351.
3. Воликова С.В. Современные исследования детского перфекционизма // Социальная и клиническая психиатрия. – 2012. – Т. 22. – № 2. – С. 94–99.
4. Выготский, Лев Семенович (1896-1934). Педология подростка. Психологическое и социальное развитие ребенка : Психологическое и социальное развитие ребенка : 16+ / Лев Выготский. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2021. - 221 с. : ил., табл.; 24 см. - (Мастера психологии).; ISBN 978-5-4461-1469-6
5. Гаранян Н.Г. Перфекционизм и враждебность как личностные факторы депрессивных и тревожных расстройств: автореф. дис. … д-ра психол. наук. – М., 2010. – 42 с.
6. Гаранян Н.Г., Холмогорова А.Б., Юдеева Т.Ю. Факторная структура и психометрические показатели опросника перфекционизма: разработка трехфакторной версии // Консультативная психология и психотерапия. – 2018. – Т. 26, № 3. – С. 8–32.
7. Граур М.В. Психологические средства академической адаптации школьников: дис. … канд. психол. наук. – Саратов, 2019. – 187 с.
8. Грачева И.И. Адаптация методики «Многомерная шкала перфекционизма» П. Хьюитта и Г. Флетта // Психологический журнал. – 2006. – Т. 27, № 6. – С. 73–81.
9. Домырева Е.А. Перфекционизм в системе саморазвития личности современных студентов // Вестник Калужского университета. – 2019. – № 3(4). – С. 81–84.
10. Золотарева А.А. Перфекционизм в структуре саморегуляции личности // Психология и психотехника. – 2012. – Т. 42, № 3. – С. 59–68
11. Прихожан А.М. Диагностика личностного развития детей подросткового возраста. – М.: АНО «ПЭБ», 2007. – 56 с.
12. Тарасова С.Ю. Психологические риски подростков, обучающихся в условиях повышенной учебной нагрузки // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2023. Т. 46, № 1. С. 280–302.
13. Холмогорова А.Б., Гаранян Н.Г., Цацулин Т.О. Динамика показателей перфекционизма и симптомов эмоционального неблагополучия в российской студенческой

популяции за последние десять лет: когортное исследование // Культурноисторическая психология. 2019. Т. 15. № 3. С. 41—50. doi: 10.17759/chp. 2019150305

14. Хилькова А. Б. Проявления перфекционизма в учебной среде // Молодой ученый. — 2024. — № 23 (522). — С. 376-378.

15. Цацулин Т.О., Холмогорова А.Б. Деструктивный перфекционизм и защитные факторы эмоционального благополучия студентов // Культурно-историческая психология. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 25–34.

16. Ясная В.А., Ениколопов С.Н. Перфекционизм: история изучения и современное состояние проблемы //Вопросы психологии. 2007 № 7. С.25–47.

17. Slaney R.B., Rice K.G., Ashby J.S. A programmatic approach to measuring perfectionism: The Almost Perfect Scales // Perfectionism: Theory, research, and treatment / Ed. by G.L. Flett, P.L. Hewitt. – Washington: APA, 2002. – P. 63–88.

18. Hewitt P.L., Flett G.L. Perfectionism in the self and social contexts: Conceptualization, assessment, and association with psychopathology // Journal of Personality and Social Psychology. – 1991. – Vol. 60, No. 3. – P. 456–470.

19. Frost R.O., Marten P., Lahart C., Rosenblate R. The dimensions of perfectionism // Cognitive Therapy and Research. – 1990. – Vol. 14, No. 5. – P. 449–468.

UDC 373.31

Lopina A. V.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

PROJECT ACTIVITIES IN RUSSIAN LANGUAGE LESSONS AS A MEANS OF DEVELOPING COGNITIVE AND RESEARCH ABILITIES IN YOUNGER SCHOOLCHILDREN

Annotation. The article discusses the theoretical and practical aspects of using project activities in Russian language lessons at primary school as a means of developing students' cognitive and research abilities. It reveals the significance of cognitive activity in primary school age and examines the psychological and pedagogical features of developing research skills in primary school children.
It is concluded that the use of project activities in Russian language classes contributes to the formation of educational motivation, the development of logical thinking and the ability to independently search for knowledge.
Keywords: project activities, Russian language, junior schoolchildren, cognitive activity, research abilities, universal learning actions.

The modern educational paradigm is focused on the formation of an individual student who is capable of independently acquiring knowledge, critically analyzing information, and applying it in practical activities. The Federal State Educational Standards for Primary General Education prioritize the development of universal educational actions that enable students to self-develop and continuously learn [4, p. 43]. In the context of constant information updates, it becomes increasingly important for students to develop independent learning skills, the ability to analyze information, draw conclusions, and apply their knowledge in new situations.

Primary school plays a special role in solving this problem, as it is during the primary school years that the foundation for learning is laid, basic intellectual skills are developed, and interest in learning is fostered. The cognitive activity of primary school students is characterized by high levels of emotion, a desire for novelty, and a willingness to experiment and ask questions. During this period, it is important to create an environment that encourages exploratory behavior, curiosity, and independence.

One of the most effective means of achieving these goals is project-based learning, which is considered a pedagogical technology that focuses on actively involving students in the learning process. The project method is based on the idea that knowledge is most effectively acquired through independent practical activities [3, p. 126]. Vygotsky's works emphasize that the development of thinking occurs through the child's active interaction with the environment and collaboration with

adults [1, p. 57]. V.V. Davydov noted that educational activities should be aimed at developing theoretical thinking and the ability to analyze [2, p. 31].

Project activities involve a significant problem that needs to be solved, independent work by students, the integration of knowledge from various fields, and the achievement of a specific result. This technology helps students develop the ability to set goals, plan their activities, search for information, and evaluate the results of their own work [5, p. 75].

The Russian language as a subject has significant potential for organizing project activities, as the language is not only a means of communication, but also an object of study. Studying the Russian language involves analyzing linguistic units, observing the patterns of language functioning, and working with various types of texts. Using project activities in Russian language classes makes the learning process more meaningful and practical.

The development of cognitive abilities in younger students involves the formation of skills to analyze, compare, classify, and generalize information. In the process of working on a project, students are faced with the need to independently find answers to the posed questions, which contributes to the development of logical thinking and cognitive activity. For example, when studying the topic of «Nouns» students can be given a project in which they explore the names of objects in the environment, categorize them, and draw conclusions about the significance of nouns in speech.

The development of students' research abilities is of particular importance, which includes the ability to see a problem, formulate questions, and generate and test hypotheses. Even at a young age, it is possible to develop basic research skills if the learning process is organized using problem-based tasks and creative projects. For example, students can be asked to investigate why some words are capitalized and others are not. During this process, they analyze texts, identify proper nouns, and draw conclusions about the rules of capitalization.

Project activities contribute to the development of interest in language as a cultural phenomenon. During the project process, students learn about the history of words, the meaning of idioms, and the specifics of speech etiquette. For example, the project «Why Do We Say It Like This?» involves exploring the origins of idiomatic expressions. Students learn the meanings of phrases such as «to beat around the bush», «to get the point», and «to make a mountain out of a molehill», and they illustrate these expressions and create sentences with them. This activity helps to expand vocabulary and develop imaginative thinking.

An effective project is «Family of words», which is aimed at studying the words of the same root. Students select words with a common root, analyze their meaning, make schemes and draw conclusions about the ways of word formation.

In the process of completing the task, students learn to establish connections between words, which contributes to the development of analytical thinking.

Project activities contribute to the development of communication skills, as they involve working in a group, discussing ideas, distributing responsibilities, and presenting results together. During this process, students learn to argue their point of view, listen to other group members, and come to a common decision. For example, when completing a project titled «Dictionary of Polite Words», students discuss which words and expressions can be considered polite, create dialogues, and role-play communication situations.

An important aspect is the development of information skills. During the project, students use various sources of information, such as textbooks, dictionaries, children's encyclopedias, and online resources. They learn to find the necessary information, analyze it, and present the results in an accessible format. For example, the «History of My Name» project involves searching for information about the origin of the name, its meaning, and famous people who have had the same name.

Students are particularly interested in the «Talking Surnames» project, which involves researching the origins of surnames and their connection to professions, physical features, or personality traits. These activities help students develop an interest in language and cultural history.

Project activities allow for the individual characteristics of students, as each child can choose a project topic based on their interests. This helps to increase motivation for learning and foster a positive attitude towards academic activities. Students have the opportunity to express their creativity and present their work in the form of drawings, presentations, booklets, or mini-books.

In the process of studying the topic «Text», students can be offered a project to create their own book of fairy tales or short stories. Children come up with a plot, compose a text, illustrate it, and present the result to their classmates. This activity contributes to the development of written language, imagination, and creative thinking.

An effective project is «Proverbs and sayings in our lives», which is aimed at studying folk wisdom. Students select proverbs, explain their meaning, and give examples of situations in which they can be used. Working with proverbs helps to develop logical thinking and form moral attitudes.

Project activities contribute to the formation of universal learning activities, including regulatory, cognitive and communicative skills. Students learn to set goals, plan their activities, control the implementation of tasks and evaluate the results of work. The ability to self-assessment and reflection is formed.

An important condition for the successful organization of project activities is the teacher's pedagogical support. The teacher helps students define the project's

purpose, select information sources, and organize the presentation of results. It is crucial to create an atmosphere of cooperation and support that fosters students' confidence in their abilities.

The systematic use of project activities contributes to the development of students' independence and the formation of a sustainable interest in learning Russian. Working on projects allows students to see the practical significance of the material they are studying, which helps to increase their motivation for learning.

Thus, project activities are an effective means of developing the cognitive and research abilities of younger students in Russian language classes. They contribute to the formation of logical thinking, the development of speech skills, and the ability to work with information and present the results of their activities. The use of the project method makes the learning process more interesting, meaningful, and focused on the development of the student's personality.

Project activities meet modern educational requirements and contribute to the development of students' readiness for further learning. Incorporating research tasks into the process of studying the Russian language allows for the development of younger students' intellectual abilities and fosters their interest in exploring the world around them.

References:

1. Vygotsky L.S. Psychology of human development / L.S. Vygotsky. – Moscow: Smysl, 2006. – 1136 p.

2. Davydov V.V. Theory of developmental learning / V.V. Davydov. Moscow: Integral Publ., 1996. – 544 p.

3. Dewey J. Democracy and Education / J. Dewey. – Moscow: Pedagogika-press, 2000. – 382 p.

4. Federal State Educational Standard for Primary General Education [Electronic resource]. – Moscow. – 2021. URL: https://fgos.ru/fgos/fgos-noo/

5. Polat E.S. New Pedagogical and Information Technologies in the Education System / E.S. Polat. – Moscow: Publishing Center «Academy», 2010. – 272 p.

ОБЩЕСТВО

УДК 004.65

Огулдженнет Язмырадова
Туркменский государственный институт культуры, Ашхабад, Туркменистан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ БИБЛИОТЕЧНЫХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВА ЗНАНИЙ

Аннотация: Концепция общества знаний, пришедшая на смену постиндустриальному обществу, акцентирует внимание на определяющей роли знаний, информации и компетенций в экономическом, социальном и культурном развитии. Цифровые библиотечные системы выступают ключевым инфраструктурным элементом, обеспечивающим доступ к знаниям, их накопление, сохранение и распространение. В контексте цифровой трансформации образования и науки эти системы приобретают качественно новое значение, становясь не просто хранилищами информации, но активными участниками процессов формирования информационной культуры и цифровой грамотности. Цель исследования – теоретическое осмысление роли цифровых библиотечных систем в формировании общества знаний, анализ их эволюции, функциональных возможностей и социально-культурного влияния в условиях цифровой эпохи. Исследование базируется на анализе философских, социологических и библиотековедческих концепций общества знаний, а также на обзоре современных исследований, посвященных развитию электронных библиотечных систем и их интеграции в цифровую образовательную среду. Использованы методы теоретического анализа, синтеза, систематизации и обобщения. Раскрыта эволюция концепции общества знаний, выявлены ее ключевые характеристики, включая переход от экономики ресурсов к экономике знаний, возрастание роли человеческого капитала и информационной компетентности, трансформацию образовательных и научных коммуникаций. Показано, что цифровые библиотечные системы эволюционируют от простых электронных каталогов к интегрированным смарт-системам, обеспечивающим персонализированный доступ, аналитическую обработку данных и интеграцию с образовательными платформами. Выявлены основные направления влияния цифровых библиотек на формирование общества знаний: обеспечение равного доступа к информации, развитие информационной культуры, поддержка непрерывного образования, сохранение культурного наследия в цифровой форме. Определены перспективы развития цифровых библиотечных систем, связанные с применением технологий искусственного интеллекта, персонализацией обслуживания и созданием единого цифрового пространства знаний.

Ключевые слова: цифровые библиотечные системы, общество знаний, электронные библиотеки, информационное общество, цифровая трансформация, доступ к знаниям, информационная культура, цифровая

образовательная среда, персонализация обучения, интеграция библиотечных систем.

Введение. Концепция общества знаний, активно разрабатываемая в философии, социологии и экономике на рубеже XX–XXI веков, стала одной из ключевых парадигм, объясняющих современные социальные трансформации. Как отмечает Э. Агацци, идея общества, основанного на знаниях, предполагает переход от экономики, базирующейся на производстве материальных благ, к экономике, где знания и информация становятся главным ресурсом развития [1]. Б. Г. Юдин подчеркивает, что в обществе знаний наука и образование приобретают определяющее значение, а доступ к знаниям рассматривается как фундаментальное право человека [10]. Т. П. Липай и А. К. Мамедов, анализируя парадоксы развития общества знания, указывают на противоречия между декларируемой доступностью информации и реальным информационным неравенством, между возможностями технологий и уровнем их освоения населением [4].

Цифровые библиотечные системы (ЦБС) занимают особое место в инфраструктуре общества знаний. Они выступают не просто хранилищами информации, но активными посредниками, обеспечивающими доступ к знаниям, их структурирование, сохранение и распространение. В условиях цифровой трансформации образования и науки роль этих систем существенно возрастает. Как отмечают Н. И. Гендина и Е. В. Косолапова, электронные библиотечные системы все чаще рассматриваются в контексте цифровой дидактики, становясь важным инструментом организации учебного процесса и формирования информационной культуры обучающихся [3]. Н. Д. Амбросенко и С. О. Потапова подчеркивают, что в эпоху цифрового образования ЦБС становятся неотъемлемым элементом образовательной экосистемы, обеспечивая доступ к качественным учебным и научным материалам [2].

Актуальность исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, происходящая цифровая трансформация всех сфер общественной жизни, включая образование и науку, требует переосмысления роли и функций традиционных институтов, среди которых библиотеки занимают особое место. Во-вторых, развитие технологий искусственного интеллекта, больших данных и персонализированных сервисов открывает новые возможности для совершенствования библиотечных систем, превращая их из пассивных репозиториев в активных интеллектуальных помощников [7]. В-третьих, изменение образовательных потребностей и когнитивных особенностей цифрового поколения ставит перед библиотеками новые задачи,

связанные с адаптацией интерфейсов, форматов представления информации и способов взаимодействия с пользователями [3]. В-четвертых, концепция непрерывного образования (lifelong learning) актуализирует потребность в создании доступных и удобных инструментов для самостоятельной работы с информацией на протяжении всей жизни.

Степень изученности проблемы характеризуется наличием работ, посвященных философско-социологическому осмыслению общества знаний [1, 4, 10], исследованиям в области электронных библиотек и цифровых образовательных ресурсов [2, 3, 8, 9], а также разработкам в сфере персонализации обучения с использованием технологий искусственного интеллекта [7]. В работах Н. И. Гендиной и Е. В. Косолаповой [3] рассматриваются когнитивные аспекты взаимодействия цифрового поколения с электронными библиотечными системами, что особенно важно для понимания современных пользовательских практик. Исследования С. О. Потаповой, Н. Д. Амбросенко и О. А. Лысак [8] посвящены вопросам интеграции электронных библиотечных систем в цифровую образовательную среду и разработке подходов к оценке их эффективности. Однако, как показывают обзорные работы, недостаточно исследований, которые рассматривали бы цифровые библиотечные системы именно как фактор формирования общества знаний, интегрируя философские, социологические, педагогические и технологические аспекты.

Целью настоящей работы является теоретическое осмысление роли цифровых библиотечных систем в формировании общества знаний, анализ их эволюции, функциональных возможностей и социально-культурного влияния в условиях цифровой эпохи.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Раскрыть эволюцию концепции общества знаний, выявить ее ключевые характеристики и парадоксы развития.
2. Проанализировать развитие цифровых библиотечных систем, их функциональные возможности и интеграцию в цифровую образовательную среду.
3. Выявить основные направления влияния цифровых библиотечных систем на формирование общества знаний.
4. Определить перспективы развития цифровых библиотечных систем и их роль в обеспечении доступности знаний для всех категорий пользователей.

Эволюция концепции общества знаний: от идеи к социальной реальности. Концепция общества знаний зародилась в конце XX века как

ответ на глубинные изменения в экономической и социальной структуре развитых стран. Как отмечает Э. Агацци, идея общества, основанного на знаниях, восходит к пониманию того, что традиционные факторы производства – земля, труд, капитал – уступают место знанию как главному ресурсу развития [1]. Однако, подчеркивает философ, общество знаний – это не просто экономическая категория; это модель социального устройства, в которой производство, распределение и использование знаний становятся центральными процессами, определяющими динамику всех сфер жизни.

Б. Г. Юдин в своем анализе феномена общества знаний акцентирует внимание на трансформации самой науки. В обществе знаний наука перестает быть исключительно академическим предприятием, она интегрируется в экономику, политику, повседневную жизнь [10]. Это приводит к изменению статуса знания: оно становится не только истиной, но и ресурсом, товаром, инструментом влияния. Юдин указывает на возникающие риски: коммерциализация знания может вступать в противоречие с его общественной природой, а доступ к знанию – становиться источником новых форм неравенства [10].

Т. П. Липай и А. К. Мамедов в своем социологическом анализе выделяют ряд парадоксов развития общества знания. Первый парадокс связан с тем, что информационное изобилие не ведет автоматически к росту знаний – напротив, возникает проблема «информационного шума», затрудняющего выделение достоверного и значимого содержания [4]. Второй парадокс касается доступа: декларируемая открытость информации часто сочетается с усилением контроля и коммерциализацией доступа. Третий парадокс – между возможностями технологий и реальной способностью людей ими пользоваться, что порождает феномен цифрового неравенства [4].

Важной характеристикой общества знаний является трансформация образовательной парадигмы. Традиционная модель образования, ориентированная на передачу фиксированного набора знаний в определенные периоды жизни, уступает место концепции непрерывного образования (lifelong learning). В этом контексте доступ к актуальной, достоверной и структурированной информации становится не привилегией, а необходимым условием полноценного участия в жизни общества. Именно здесь цифровые библиотечные системы приобретают ключевое значение.

Эволюция цифровых библиотечных систем: от электронных каталогов к интеллектуальным смарт-системам. Развитие цифровых библиотечных систем (ЦБС) прошло несколько этапов, каждый из которых расширял их функциональные возможности и роль в обществе знаний. Начальный этап (1990-е – начало 2000-х гг.) связан с созданием электронных

каталогов и оцифровкой традиционных фондов. Как отмечают Н. Д. Амбросенко и С. О. Потапова, на этом этапе библиотеки стремились прежде всего к сохранению культурного наследия и обеспечению удаленного доступа к каталогам [2]. Однако функциональность таких систем была ограничена – они оставались преимущественно справочными инструментами.

Следующий этап (2000-2010-е гг.) характеризуется формированием полнотекстовых электронных библиотек, интеграцией с образовательными платформами и развитием сервисов для пользователей. А. А. Тарасова в своем исследовании отмечает появление «библиотечных смарт-систем», которые не только предоставляют доступ к ресурсам, но и анализируют пользовательские запросы, предлагают рекомендации, интегрируются с учебными курсами [9]. На этом этапе ЦБС начинают осознаваться не как дополнение к традиционной библиотеке, а как самостоятельная среда, формирующая новые практики работы с информацией.

Современный этап (с 2010-х гг. по настоящее время) связан с внедрением технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и больших данных. А. А. Паскова в своем исследовании подчеркивает, что использование ИИ позволяет персонализировать взаимодействие пользователя с информационной системой, адаптировать интерфейс и контент под индивидуальные особенности и запросы [7]. Алгоритмы машинного обучения анализируют поведение пользователя, выявляют его информационные предпочтения, предсказывают возможные интересы, что превращает ЦБС из пассивного репозитория в активного интеллектуального помощника.

Н. И. Гендина и Е. В. Косолапова вводят важное понятие «цифровой дидактики» применительно к электронным библиотечным системам [3]. Они показывают, что эффективность использования ЦБС в образовании зависит не только от технических характеристик, но и от учета когнитивных особенностей цифрового поколения. Современные пользователи, выросшие в среде цифровых технологий, обладают специфическими паттернами восприятия информации: они предпочитают гипертекстовую структуру, визуальные форматы, интерактивное взаимодействие [3]. Учет этих особенностей требует от разработчиков ЦБС не только технических, но и дидактических решений.

С. О. Потапова, Н. Д. Амбросенко и О. А. Лысак рассматривают вопросы интеграции электронных библиотечных систем в цифровую образовательную среду, предлагая подходы к мониторингу и оценке эффективности [8]. Они выделяют несколько уровней интеграции: технический (совместимость платформ), содержательный (соответствие ресурсов образовательным

програмам), организационный (включение ЦБС в учебный процесс) и личностный (формирование у пользователей навыков работы с системой). Авторы подчеркивают, что только комплексная интеграция по всем уровням позволяет реализовать потенциал ЦБС как фактора формирования знаний [8].

Цифровые библиотечные системы как фактор формирования общества знаний. Анализ литературы позволяет выделить несколько ключевых направлений, через которые цифровые библиотечные системы влияют на формирование общества знаний.

Цифровые библиотечные системы снимают географические и временные ограничения, делая доступ к информации возможным для всех, кто имеет подключение к интернету. Как отмечает Н. И. Гендина, это особенно важно для удаленных регионов, где традиционные библиотеки не могут обеспечить полноценного обслуживания [3]. Однако, как справедливо указывают Т. П. Липай и А. К. Мамедов, технологическая доступность не тождественна реальной доступности – существуют барьеры цифровой грамотности, языковые барьеры, финансовые ограничения [4]. Поэтому задача ЦБС – не только предоставить доступ, но и сделать его осмысленным для различных категорий пользователей.

Цифровые библиотечные системы становятся средой, в которой пользователи не только потребляют информацию, но и осваивают навыки ее поиска, оценки, критического анализа. Н. И. Гендина и Е. В. Косолапова подчеркивают, что современные ЦБС включают обучающие модули, рекомендательные сервисы, инструменты для работы с информацией, которые способствуют формированию информационной компетентности [3]. В этом смысле библиотека перестает быть просто хранилищем и становится «тренажером» информационной культуры.

Концепция образования через всю жизнь предполагает, что человек должен иметь доступ к актуальным знаниям независимо от возраста, места жительства и формальной образовательной траектории. Цифровые библиотечные системы, как показывают исследования Н. Д. Амбросенко и С. О. Потаповой, играют ключевую роль в реализации этой концепции, предоставляя ресурсы для самообразования, профессионального развития и личностного роста [2]. Особенно важна здесь интеграция ЦБС с открытыми образовательными платформами и курсами массовых открытых онлайн-образования (МООК).

Цифровые библиотечные системы решают проблему сохранения и передачи культурного наследия в условиях, когда физические носители подвержены разрушению. Оцифровка редких книг, рукописей, архивных материалов делает их доступными для исследователей по всему миру. Как

отмечает А. А. Тарасова, этот аспект особенно важен для малых и региональных библиотек, которые благодаря цифровым технологиям могут представить свои уникальные коллекции мировой аудитории [9].

Цифровые библиотечные системы, особенно репозитории открытого доступа, меняют способы распространения научного знания. Как отмечает Б. Г. Юдин, традиционная система научной коммуникации, основанная на коммерческих издательствах и платном доступе, все чаще вступает в противоречие с потребностями общества знаний [10]. Репозитории открытого доступа, препринтные серверы, открытые научные журналы – все это становится частью инфраструктуры цифровых библиотек, обеспечивающей более быстрый и открытый обмен научными результатами.

Вызовы и перспективы развития цифровых библиотечных систем. Несмотря на значительные достижения, развитие цифровых библиотечных систем сталкивается с рядом вызовов, которые необходимо учитывать для реализации их потенциала в формировании общества знаний.

Как подчеркивают Т. П. Липай и А. К. Мамедов, декларируемая открытость цифровых ресурсов не всегда соответствует реальной доступности [4]. Различия в технической оснащенности, уровне цифровой грамотности, языковых компетенциях создают новые формы неравенства. Развитие ЦБС должно сопровождаться программами повышения цифровой грамотности, созданием многоязычных интерфейсов, обеспечением доступности для людей с ограниченными возможностями.

Н. И. Гендина и Е. В. Косолапова акцентируют внимание на необходимости учета когнитивных особенностей цифрового поколения [3]. Современные пользователи, привыкшие к быстрому, фрагментарному, визуально насыщенному потреблению информации, могут испытывать трудности с глубокой, вдумчивой работой с текстами. Цифровые библиотечные системы должны предлагать инструменты, поддерживающие разные режимы взаимодействия с информацией – от быстрого поиска до углубленного анализа.

С. О. Потапова, Н. Д. Амбросенко и О. А. Лысак показывают, что эффективность ЦБС во многом зависит от их способности интегрироваться с другими компонентами цифровой образовательной среды [8]. Отсутствие единых стандартов, закрытость отдельных платформ, технические сложности интеграции – все это снижает потенциал ЦБС. Решение этих проблем требует как технических, так и организационных усилий, включая развитие открытых стандартов и межведомственное взаимодействие.

Перспективы цифровых библиотечных систем во многом связаны с дальнейшим развитием технологий ИИ. А. А. Паскова исследует возможности

персонализации обучения на основе ИИ, что может быть адаптировано для библиотечных систем [7]. Интеллектуальные рекомендательные системы, автоматическая обработка и аннотирование текстов, семантический поиск, создание интеллектуальных помощников – эти направления открывают новые возможности для трансформации ЦБС.

В условиях цифровизации меняется и роль библиотечного специалиста. От хранителя фондов он превращается в навигатора в цифровом пространстве знаний, консультанта по информационной грамотности, специалиста по работе с данными. Это требует пересмотра систем подготовки и повышения квалификации библиотечных кадров.

Заключение. Проведенный анализ позволяет утверждать, что цифровые библиотечные системы выступают не просто техническим инструментом, а важнейшим социальным институтом, формирующим условия для реализации принципов общества знаний. Их эволюция от электронных каталогов к интеллектуальным смарт-системам отражает глубинные изменения в понимании роли информации и знания в современном обществе.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующим положениям. Концепция общества знаний, разрабатываемая в философии и социологии, фиксирует переход к экономике, где знание становится главным ресурсом, а доступ к нему – условием полноценного участия в жизни общества [1, 4, 10]. Цифровые библиотечные системы эволюционируют в направлении интеллектуальных платформ, использующих технологии искусственного интеллекта для персонализации, интеграции с образовательными средами и поддержки непрерывного образования [3, 7, 8]. Их влияние на формирование общества знаний проявляется через обеспечение равного доступа к информации, развитие информационной культуры, поддержку непрерывного образования, сохранение культурного наследия и трансформацию научных коммуникаций.

Ключевыми вызовами развития ЦБС остаются цифровое неравенство, необходимость учета когнитивных особенностей различных категорий пользователей, проблемы интеграции и интероперабельности, а также изменение профессиональных ролей библиотечных специалистов. Решение этих проблем требует комплексного подхода, объединяющего технические, педагогические и социальные аспекты.

Научная новизна представленной работы заключается в системном анализе цифровых библиотечных систем как фактора формирования общества знаний, интегрирующем философские, социологические, педагогические и технологические подходы. Раскрыта эволюция концепции общества знаний и показано, как ЦБС отвечают на вызовы этой концепции.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы для обоснования стратегий развития библиотечно-информационных систем в контексте цифровой трансформации образования и науки, а также для разработки подходов к оценке их социальной эффективности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением конкретных практик использования ЦБС в образовательном процессе, разработкой методик оценки их влияния на формирование информационной культуры и цифровой грамотности, а также исследованием возможностей искусственного интеллекта для персонализации доступа к знаниям. Важным направлением является также анализ социальных эффектов внедрения ЦБС, включая их роль в преодолении цифрового неравенства и обеспечении равных возможностей для различных категорий пользователей.

Список литературы:

1. Агацци, Э. Идея общества, основанного на знаниях / Э. Агацци // Вопросы философии. – 2012. – № 10. – С. 3-19.
2. Амбросенко, Н. Д. Электронные библиотечные системы в эпоху цифрового образования / Н. Д. Амбросенко, С. О. Потапова // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15(23). – С. 200-201. – DOI 10.59131/2411-9814_2023_15(23)_200.
3. Гендина, Н. И. Электронные библиотечные системы в фокусе цифровой дидактики и когнитивных особенностей цифрового поколения / Н. И. Гендина, Е. В. Косолапова // Библиосфера. – 2024. – № 1. – С. 7-17. – DOI 10.20913/1815-3186-2024-1-7-17.
4. Липай, Т. П. Общество знания: парадоксы развития / Т. П. Липай, А. К. Мамедов // Социология. – 2011. – № 3. – С. 65-72.
5. Макаров, М. Л. Жанры в электронной коммуникации: quo vadis? / М. Л. Макаров // Жанры речи. – 2005. – № 4. – С. 336-352.
6. Матвеева, О. П. Повышение качества предоставления государственных таможенных услуг на основе применения электронного декларирования / О. П. Матвеева, Е. Е. Прушковская // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2013. – № 3(47). – С. 217-224.
7. Паскова, А. А. Технологии искусственного интеллекта в персонализации электронного обучения / А. А. Паскова // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2019. – № 3(42). – С. 113-122.
8. Потапова, С. О. Интеграция электронных библиотечных систем в цифровую образовательную среду: подходы к мониторингу и эффективности эффективности / С. О. Потапова, Н. Д. Амбросенко, О. А. Лысак // Российский педагогический и психологический журнал. – 2025. – Т. 16, № 3. – С. 7-32. – DOI 10.12731/2658-4034-2025-16-3-694.
9. Тарасова, А. А. Цифровые образовательные ресурсы и библиотечные смарт-системы / А. А. Тарасова // Информационные технологии в науке, бизнесе и образовании : Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции студентов,

аспирантов и молодых ученых, Москва, 01 декабря 2017 года. – Москва: Московский государственный лингвистический университет, 2017. – С. 244-248.

10. Юдин, Б. Г. Наука в обществе знаний / Б. Г. Юдин // Вопросы философии. – 2010. – № 8. – С. 45-57.

УДК 796(470.43):796.03

Алмаева В. В., Юркина Н. В.
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СПОРТА В ГОРОДЕ САМАРА

Аннотация. Спорт, спортивная деятельность, а также спортивные соревнования, турниры и матчи в городе Самара уже давно являются важнейшими компонентами в жизни жителей города и области. Спортивная жизнь Самары охватывает богатую историю развития физической культуры и спорта в городе, начиная с дореволюционных времён, когда зарождались первые спортивные общества и клубы. В данной статье изучаются история развития спортивного движения в Самаре, истоки зарождения разнообразных видов спорта, а также виды спорта настоящего времени, которые пользуются популярностью.

Ключевые слова: спорт, виды спорта, город Самара, Самарская область, яхт-клуб, футбол, хоккей, баскетбол.

Введение. Жизнь спорта в Самарской губернии богата своей историей, спортивными традициями, высокими достижениями выдающихся спортсменов, а также неравнодушными людьми, которые всесторонне поддерживают спортивное движение.

Актуальностью данной работы является важность понимания исторического развития спорта для развития спортивной культуры региона, а также формирование активной спортивной позиции и здорового образа жизни играет важнейшую роль для современного общества.

Целью настоящей работы является собрать, обобщить и проанализировать историю развития спорта в Самарской области, основные этапы, достижения, а также изучить влияние спортивных мероприятий на общество людей и развитие региона.

Анализ современных публикаций. Спортивная жизнь Самары охватывает богатую историю развития физической культуры и спорта в городе, начиная с дореволюционных времён. В советский период спорт стал массовым явлением, в котором начинали строиться стадионы и спортивные комплексы, а Самара стала центром подготовки спортсменов для разнообразных соревнований. Современный этап характеризуется модернизацией инфраструктуры, проведением крупных международных мероприятий.

На границе 19-20 веков в Российской империи появляется новый феномен – спорт и спортивные мероприятия. Для дворян, которые несли

службу, занимались охотой, любили активный отдых, были возможны такие виды спорта, как конная езда или, например, стрельба из стрелкового оружия. В развлекательных сферах жизни (например, цирк, ярмарки) встречались борцы и силачи. Данную деятельность в нынешнем понимании можно было бы принять увлечением, забавой, частью профессии, но не профессиональным спортом [1].

К воссозданию Олимпийских игр привело развитие спортивной жизни в Европе, Россия также не стала исключением. Разнообразные виды спорта начали развиваться не только среди обеспеченного населения, но и большинство людей начали участвовать в спортивной деятельности, при этом не только объединяясь в различные организации, но и соперничая друг с другом. Важной частью данных событий является то, что начинающие спортсмены были энтузиастами, власти в этот период практически не интересовались зарождающимся спортом.

Центрами развития и организации спортивной деятельностью стали такие города, как Москва и Санкт-Петербург. К началу второго десятилетия 20 века в большинстве крупных городов Российской империи спорт стал входить в повседневную жизнь, среди которых был город Самара [1].

По данным Самарского областного архива социально-политической истории сохранились фактически первые свидетельства Куйбышевского спортивного обозревателя 1960-1970-х годов Сивакса Л.И.:

«…До октябрьской революции в старой Самаре имелись лишь две спортивные площадки. За драматическим театром был теннисный корт владельца пивоваренного завода фон Вакано, где развлекались члены семьи и гости заводчика, и «Александровский пятачок», который размещался на месте, где теперь высится Дом промышленности. Чтобы представить размеры площадки, принадлежащей частному предпринимателю Александрову, скажем, что длина беговой дорожки составляла всего 160 метров. Вход на эту площадку был платным. Некоторое оживление в спортивную жизнь Самары внесло создание в 1908 году городского яхт-клуба, но и сюда доступ был ограничен. По уставу яхт-клуба его членами могли быть люди в возрасте не моложе 21 года. Сюда не принимались «воспитанники низших и средних учебных заведений, низшие чины и юнкеры, хотя бы они и достигли совершеннолетия». При вступлении в яхт-клуб взимался взнос, который в несколько раз превышал месячный заработок рабочего. В дореволюционное время спорт в старой Самаре был уделом нескольких десятков людей, в основном, зажиточных и мелкослужилой молодёжи. Первый рабочий кружок был создан среди железнодорожников в 1912 году. В основном здесь занимались футболом, а зимой лыжами» [1].

Рассмотрим историю конкретных видов спорта (футбол, баскетбол, хоккей), которые наиболее известны для жителей города Самара.

История футбола в Самаре. Достаточно долгое время считалось, что история Самарского футбола берет свое начало в 1908 году, когда начали проводиться первые игры. Первой игрой в 1908 году в Самаре считается игра между яхт-клубом и железнодорожниками. Эта игра была объединением для участников обеих команд, в составе яхт-клуба были купцы и предприниматели (в т.ч. Челышова и Вакано).

По мнению известного Самарского спортивного журналиста и исследователя Самарского спорта, Владимира Внукова, точка отсчета спорта в Самаре следует считать 1911 год. 11 сентября 1911 г. произошел первый официальный матч между командами Реального училища (также эту команду называли «Волжская защепка») и купцами. Игроками команды Реального училища стали обычные мальчишки 16-17 лет, среди игроков купцов были практически профессионалы, некоторые из которых играли за сборные других городов [2].

Постепенно футбол становился популярнее, создалось более 10 команд, среди которых были: железнодорожники, трубочный завод, православная, католическая, протестантская, иудейская, мусульманская, а также «горчичник».

В 1921 году Самарский футбол стал запрещен в связи с тем, что считали, что футбол разжигает рознь между трудовой интеллигенцией и молодежью. Данное мнение сложилось после матча между командами Драмтеатра и «горчичников», в котором актеры обыграли хулиганов (4:1). Команда «горчичников» была крайне недовольна таким ходом событий, и игроки устроили драку, матч остановили.

Через полгода по постановлению Сталина футбол стал вновь разрешен. Футбол в очередной раз стал одним из самых популярных видов спорта.

В 1960 году в Самаре образуется новая "команда лысых«. Название данной команды образовалось благодаря желанию команды объединиться и выделиться, считалось, что покраситься и сделать наколку было нельзя, отпустить усы и бороду – тоже нельзя, так как могли бы посчитать за Кавказский народ, в связи с этим было принято побриться налысо. Команда получила успех, в дальнейшей истории команды – 12 лучших футболистов ушли в другие команды [2].

12 апреля 1942 года происходит основание футбольного клуба «Крылья Советов». Создание клуба происходит в разгар Великой Отечественной Войны, а также в день создания футбольного клуба составлена резолюция

заместителя наркома авиационной промышленности СССР П.В. Дементьева, которая предписала создание в городе Куйбышев ДСО «Крылья Советов».

Важным событием для Самары стало строительство стадиона «Солидарность Самара Арена», который построили специально к Чемпионату мира по футболу-2018. Стадион двухъярусного типа с натуральным газоном, футбольное поле оснащено системами искусственного подогрева и автоматического освещения. Стадион располагается в самой высокой точке Самары - в районе поселка Радиоцентр. «Самара Арена» приняла 6 матчей Чемпионата мира-2018. Вместимость стадиона составляет 45 тысяч мест. После проведения мундиаля стадион передан футбольному клубу «Крылья Советов».

Также футбол в Самаре известен тем, что именно здесь создан первый в стране настоящий музей-центр для футбольных болельщиков, который появился в октябре 2007 года. Основателями музея стали самарцы Сергей Лейбград и Александр Чернышев.

Музей находится в очень знаковом месте для Самарского футбола (на улице Молодогвардейская, раньше - Соборная). Недалеко от этого места жили мещане, купцы, а также предприниматели. Купец Филатов, который жил в соседнем доме, был одним из первых футболистов.

В 2009 года музей-центр Самарского футбола стал лауреатом-финалистом Поволжского конкурса "Культурный герой года" (по итогам международного сотрудничества и оригинальной деятельности в сфере культуры в 2008-2009 гг.) в номинации "Открытие года".

История баскетбола в Самаре. В научных изданиях и на специализированных сайтах Самарского спорта история Самарского баскетбола начинается в 1976-1977 гг. Но также сохранились следующие факты.

В ноябре 1961 года в городе Саратов прошел первый традиционный матч сильнейших команд РСФСР по баскетболу на приз им. первого космонавта Героя Советского Союза Ю. А. Гагарина (официальное название турнира). Куйбышевский СКА на тот момент был третьим призёром РСФСР. Достаточно ярким баскетболистом считался Оскар Брегман, который запомнился феноменальным броском «крюком» с угла площадки. В результате матча Куйбышевцы заняли второе место. Также сохранились некоторые результаты матчей Куйбышевского СКА: 69:40 – с Оренбургом, 68:53 - со Сталинградом, 80:60 - с Казанью, 61:58 - со Смоленском, 54:58 - с Саратовым.

1976 год стал годом создания баскетбольной команды «Азот» в городе Тольятти. После дебюта в 1977 г. во 2-ом эшелоне чемпионата СССР, команда

перебазировалась в Куйбышев и получила название «Строитель». В 1981 г. команда выиграла турнир первой лиги и получила единственную путёвку в высшую лигу [3]. Продолжительное время за команду «Строитель» выступал самый высокий центровой советского баскетбола Александр Сизоненко.

Достижения клуба. В 1992 г. клуб выиграл серебро первого чемпионата России (победу в чемпионате одержал непобедимый ЦСКА) В сезонах 1996/1997 и 1997/1998 выигрывал бронзу [4].

С 1988 по 1994 годы «Строитель» возглавлял заслуженный тренер СССР Сергей Зозулин [6].

В 1995 году клуб возглавил Камо Сергеевич Погосян. В том же году «Строитель» был переименован в БК «Самара». В 1996 году президентом клуба стал известный бизнесмен Владимир Аветисян, и во второй половине 1990-х «Самара» вернулась в число лидеров российского баскетбола. В 1997 и 1998 годах «Самара» выигрывала бронзовые медали чемпионата России. Команда регулярно играла в еврокубках, в 1998 году дебютировав в Евролиге (самый престижный клубный турнир Европы) [6].

2002 год стал годом возрождения ЦСК ВВС и объединение клуба с БК «Самара». Новая команда получила название «ЦСК ВВС - Самара». В январе 2006 г. руководством клуба на должность главного тренера был назначен заслуженный мастер спорта, Олимпийский чемпион Валерий Тихоненко. В сезоне 2008/09 «ЦСК ВВС-Самара» стартовал в Суперлиге А и Европейском турнире Кубок Вызова.

С 2003 года «Самара» сосредоточилась на развитии детско-юношеского направления баскетбола. Команды клуба разных возрастов неоднократно становились чемпионами области и участвовали в зональных и финальных стадиях чемпионатов России, а воспитанники клуба регулярно приглашались в сборные страны [6].

В 2011 году на базе Самарского государственного экономического университета клуб был возрождён под названием БК «Самара-СГЭУ» и на данный момент выступает в Суперлиге [5].

В 2012 в структуре клуба возрождена мужская команда. В сезоне-2012/2013 команда выступала в Высшей лиге чемпионата России (январь 2013 года - май 2015 года - выступление команды было под названием «Самара-СГЭУ»), с 2013 года - участвует в Суперлиге. Постепенно «Самара» стала одним из сильнейших клубов Суперлиги. В сезоне 2017/2018 команде под руководством Игоря Грачёва удалось дойти до финала чемпионата. Весна 2019 года запомнилась тем, что команда стала чемпионами, при этом за весь плей-офф проиграв только один матч, а в финале переиграв «Спартак». В сезоне-2019/2020 и 2021/2022 самарцы завоевали два раза Кубок России.

Лето 2019 года стало историческим, так как было принято решение о создании в структуре БК «Самара» женской команды. Под руководством известного самарского специалиста Виктора Курильчука она дебютировала в Суперлиге-2 — и сразу же уверенно выиграла регулярный чемпионат, а затем дошла до финала плей-офф [6].

Сезон-2024/2025. По ходу сезона и мужскую, и женскую команды клуба покинули легионеры, при этом появился шанс проявить себя получили молодые баскетболисты, воспитанники спортивных школ региона. В Единой Лиге ВТБ в составе «Самары» дебютировали сразу десять игроков, в Премьер-лиге - шестеро. Сразу несколько представителей клуба по ходу и после сезона вызывались в различные сборные. Егор Амосов, в феврале впервые принявший участие в Матче звезд Единой Лиги ВТБ, зимой впервые был вызван и на сбор мужской национальной команды [6].

История хоккея Самаре. Сентябрь 1992 года ознаменован тем, что на карте хоккейной России появилась команда с названием ЦСК ВВС – «Маяк». Двойное название образовалось в связи с тем, что воедино слилось армейское и профсоюзное общество. До 1992 года команда, которая была больше известна, как «Маяк», стабильно представляла физкультурный коллектив завода, который работал в послевоенные годы на авиапром, а затем на космическую индустрию.

История самарского хоккейного клуба, организованного в 1950 году, уточненная и дополненная представлена вниманию широкому кругу любителей спорта и специалистов. Команда основана в 1950 году на базе завода имени Сталина (с 1962 года – АО РКЦ «Прогресс») и в городских соревнованиях участвовала под названием «Крылья Советов-1» [7].

В 1957 году команда стала выступать под названием «Труд». Клуб регулярно выступал, как на республиканских, так и на всесоюзных чемпионатах. С самого дебюта команда на протяжении двадцати лет была вторым по силе и значению коллективом в Куйбышеве. Армейский клуб ПриВО почти всегда представлял областной центр в чемпионатах страны рангом выше, чем «Маяк». Начиная с сезона 1979/1980, после расформирования команды мастеров СКА, «Маяк» стал единственным представителем Куйбышева на всесоюзной арене. На протяжении трех десятков лет старшим тренером был Василий Крылов.

В середине 1980-х годов «Маяк» показывал следующие результаты: в сезонах 1984/1985 и 1985/1986 дважды располагался на 6-м месте таблицы зонального турнира, в 1986/1987-м – финишировал восьмым [7].

Летом 1991 года завод «Прогресс», работающий на космическую индустрию, отказался содержать команду, но, все же потом нашел средства и

стал затем одним из соучредителей клуба. Постепенно коллектив начал выбираться из кризиса, и с сезона 1992/1993 г. стал носить название ЦСК ВВС-«Маяк». Первый же чемпионат принес хоккеистам Самары звание чемпионов открытого первенства России. Команда сначала на первых двух этапах занимала первое место в своих зонах, а в серии «плей-офф» начала выступать сразу с 1/4 финала.

С июля 1993 года во главе команды ЦСК ВВС встал известный специалист - заслуженный тренер СССР Юрий Моисеев, работавший ранее еще с армейцами Куйбышева (1974 - 1976 гг.).

С сентября 2000 года ЦСК ВВС выступал в высшей лиге, но без особых успехов. В плей-офф клуб вышел лишь в сезоне 2006/2007, где в 1/8 финала уступил ижевской «Ижстали» (2:4, 1:2, 2:3), а после сезона 2009/2010 и вовсе оказался в первенстве России (позже первенство РХЛ, позже ВХЛ-Б).

В сезоне 2010/2011 команда попала в затяжной финансовый кризис, именно в этом сезоне министерство обороны РФ полностью прекратило финансирование ХК ЦСК ВВС.

В сезоне 2014/2015 «летчики», возглавляемые тренерским штабом Владимира Шиханова и Павла Десяткова, несмотря на все трудности с финансированием, завоёвывают серебро РХЛ.

Перед сезоном 2017/2018 в клубе происходит смена руководства, на смену М.И Ничепуренко приходит скандально известный С.Н. Сошников, заключается договор о партнёрстве с ХК «Лада», команда заявляется в Высшую Хоккейную Лигу. Но уже в середине сезона С.Н. Сошников переходит руководить клубом КХЛ «Адмирал», на пост руководителя возвращается Михаил Иванович Ничепуренко [7].

Сезоны 2018/2019 и 2019/2020 запомнились сотрудничеством с ХК «Нефтехимик», главным тренером в котором был Андрей Викторович Назаров, довольно серьёзно относившийся к сотрудничеству, игроки зачастую направлялись в Самару всерьёз и надолго, а для восстановления формы на Самарском льду появлялись, например Алексей Волгин и бывший вратарь системы «Баффало-Сейбрз» Андрей Макаров. Самарскую команду возглавлял воспитанник Куйбышевского хоккея Александр Юрьевич Соколов, до этого работавший тренером в молодёжной команде системы «Нефтехимика».

В сезон 2022/2023 клуб входил с огромными долгами и вынужденно перешёл в первенство ВХЛ. После расформирования первенства ВХЛ, все команды турнира были включены в состав Всероссийской Хоккейной Лиги, в последующих двух сезонах «лётчики» зарекомендовали себя как неуступчивая команда и гроза турнирных лидеров.

С сезона 2025/2026 клуб вошёл в систему ХК «Лада» и обрёл генерального спонсора в лице ведущего российского производителя химических добавок для строительной и промышленной отрасли АО «ГК Полипласт» [7].

Крупные спортивные события и мероприятия, например, такие как Олимпийские игры, Чемпионаты мира по футболу, а также матчи баскетбольных и хоккейных команд, уже давно перестали быть только соревнованиями между спортсменами. На сегодняшний день подобные мероприятия являются масштабными проектами, которые способны влиять на экономику, инфраструктуру и имидж не только городов, но и целых стран, а также на общество людей.

Самара является одним из тех, городов, где проводились и проводятся достаточно крупные спортивные мероприятия. Например, Чемпионат мира-2018, при подготовке которого были изменения в инфраструктуре города.

Глобальными изменениями в городе стали:

- строительство стадиона «Самара Арена». В настоящее время арена стала домашней для местного ПФК «Крылья Советов» и используется для матчей международного уровня и чемпионата России по футболу, а также для культурно-зрелищных мероприятий;

- модернизация транспортной инфраструктуры. Введён в эксплуатацию новый пассажирский терминал международного аэропорта «Курумоч», что увеличило его пропускную способность. Модернизирован железнодорожный вокзал. Отремонтировано 213 км автодорог, включая основные магистрали города. Введена в эксплуатацию новая трамвайная ветка от ул. Ташкентская до стадиона;

- обновление общественных городских пространств. Реконструированы Струковский сад и 4-ая очередь набережной, площадь им. Куйбышева, многие скверы и парки города;

- строительство шести современных футбольных полей. Они используются для развития самарского футбола, тренировок команд спортивных школ, проведения детских турниров.

Также в Самаре проводятся домашние матчи для баскетбольной и хоккейной команд. Спорт и спортивные мероприятия формируют культурные идентичности и общности. На уровне клубов люди объединяются в фанатские сообщества, создавая сильную эмоциональную связь, что очень заметно во время проведения матчей.

Кроме того, спорт становится своеобразной платформой для выражения культурных и национальных ценностей. Матчи являются возможностью,

чтобы продемонстрировать национальную гордость и культуру своего города и страны.

Выводы. В данной статье были изучены, исследованы и обобщены данные о истории развития спорта и видов спорта в Самаре, основные этапы и достижения региона в области спорта. Можно сделать заключение, что спорт Самарской области, как уникальный феномен в дореволюционный период прошел огромный путь от вида досуга некоторых обеспеченных горожан до достаточно массового явления. Благодаря деятельности отдельных энтузиастов физическое воспитание и спорт становились всё более важными в жизни губернии, и можно усомниться в свидетельстве Л.И. Сивакса о том, что спорт в дореволюционной Самаре был уделом лишь нескольких десятков человек.

Все виды спорта Самары представляют собой неповторимую историю и уникальное явление, которые многообразно влияют на культуру и общество. Спорт Самарской области развивается на протяжении каждого года и становится всё более популярен и привлекает людей различных категорий и возрастов.

Список литературы:

1. Областной журнал «Самара и Губерния», №3, 2014 г. (октябрь) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sgubern.ru/articles/4852/6896/.
2. Областной журнал «Самара и Губерния», №3, 2012 г. (сентябрь) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sgubern.ru/articles/4809/6392/.
3. Генкин З.А. Баскетбол-82. Календарь-справочник. Л.: Лениздат, 1982. - С. 21
4. Верхозин И. Баскетбольный бум. Иркутск: Редакция еженедельника «Дело», 1992 г. - С.37.
5. Федотов А. Александр Сизоненко. Судьба большого человека. Спорт-Экспресс (19 октября 2004). Дата обращения: 18 марта 2012.
6. История баскетбольного клуба «Самара» – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bcsamara.com/about/history/.
7. История хоккейного клуба ЦСК ВВС (Самара) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://csk-vvs.ru/nasha-istoriya/.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 656.71:796.332

Пивненко В. Ю.
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного Маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия

ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕМПИОНАТА МИРА ПО ФУТБОЛУ В РОССИИ 2018 НА ПАССАЖИРОПОТОК В АЭРОПОРТАХ

Аннотация: в статье исследуется влияние проведения Чемпионата мира по футболу 2018 в России на пассажиропоток в аэропортах, а также анализируются мерчандайзинговые стратегии и продажи сувенирной продукции. Рассматриваются инновационные решения в сфере авиаперевозок, логистики и розничной торговли, внедренные во время турнира. Особое внимание уделяется анализу подходов к организации транспортной инфраструктуры и коммерческой реализации брендированной продукции. Приводятся статистические данные, экспертные оценки и отзывы участников событий. В заключительной части рассматривается долгосрочное наследие чемпионата, включая влияние на последующие международные события (ЧЕ-2021, саммит БРИКС 2024) и адаптацию авиационной отрасли к новым геополитическим условиям.

Ключевые слова: Чемпионат мира по футболу, пассажиропоток, аэропортовая инфраструктура, мерчандайзинг, сувенирная продукция, биометрические технологии, Fan ID, экономический эффект, наследие мегасобытий.

Введение

Чемпионат мира по футболу – глобальное событие, привлекающее миллионы болельщиков. Проведение турнира в России (2018) потребовало масштабных изменений в авиационной инфраструктуре. Помимо роста пассажиропотока, аэропорты внедряли новые технологии, усиливали

безопасность и предлагали дополнительные сервисы для гостей. В этой статье мы рассмотрим, как организаторы обеспечивали комфорт и эффективность перевозок во время мундиаля, приведем отзывы участников, комментарии экспертов и проанализируем экономический эффект [1, с.45-48].

Актуальность темы

1. Глобальный интерес к мегаспортивным событиям

Чемпионаты мира по футболу являются крупнейшими спортивными событиями, требующими комплексных решений в транспортной и коммерческой сферах. Их изучение помогает выработать оптимальные стратегии для будущих турниров [7].

2. Развитие авиационной логистики

Рост пассажиропотока во время мундиаля создает уникальные кейсы для анализа эффективности аэропортовых систем, внедрения инноваций (биометрия, ИИ) и управления нагрузкой [2].

3. Экономика спортивного мерчандайзинга

Продажи сувениров и брендированной продукции – значимая статья доходов организаторов. Анализ российской стратегии (массовый рынок, доступность) выявляет ключевые тренды в индустрии [11].

Научная новизна

1. **Комплексный анализ инфраструктурных преобразований** – в работе систематизируются данные по модернизации аэропортовой инфраструктуры в 11 городах-организаторах ЧМ-2018 [1].
2. **Изучение долгосрочных эффектов** – рассматривается, как временные решения (система Fan ID, биометрический контроль) повлияли на развитие инфраструктуры после турнира [5].
3. **Анализ инновационных сервисов** – оценивается эффективность внедренных технологий (роботы-консультанты, VR-примерочные, автоматизация паспортного контроля) [3].

Практическая значимость

1. **Для организаторов мероприятий** – выводы статьи помогут оптимизировать логистику и мерчандайзинг на будущих спортивных событиях [1].
2. **Для авиационной отрасли** – опыт внедрения биометрии и автоматизации в российских аэропортах может быть масштабирован на регулярные рейсы [3].
3. **Для маркетологов** – успешные кейсы продаж мерча предлагают новые бизнес-модели для спортивных брендов [11].

4. **Для академических исследований** – материалы статьи полезны для изучения экономики спорта, транспортного менеджмента и потребительского поведения [8].

Целевая аудитория

- Специалисты по логистике и event-менеджменту
- Маркетологи и ритейлеры
- Исследователи спортивной экономики
- Представители аэропортов и авиакомпаний

Инфраструктурная подготовка и логистика

В преддверии ЧМ-2018 Россия реализовала беспрецедентную по масштабам программу развития региональной авиационной инфраструктуры. Чемпионат принимали 11 городов, что потребовало равномерного распределения пассажиропотока и модернизации объектов по всей стране [1].

Ключевые инфраструктурные проекты

1. Строительство и реконструкция терминалов

- В **аэропорту Платов (Ростов-на-Дону)** был построен новый пассажирский терминал с нуля — первый в России аэропорт, введенный в эксплуатацию непосредственно к чемпионату мира. Пропускная способность составила 5 млн пассажиров в год.
- В **аэропорту Курумоч (Самара)** реконструирован аэровокзальный комплекс, построен новый терминал внутренних авиалиний площадью 42 тыс. кв. м.
- В **аэропорту Храброво (Калининград)** проведена масштабная реконструкция взлетно-посадочной полосы и возведен новый терминал, увеличивший пропускную способность до 3,5 млн пассажиров в год [1].
- В **аэропорту Пулково (Санкт-Петербург)** завершена реконструкция терминала «Пулково-3», а также модернизирована инфраструктура перрона для приема широкофюзеляжных воздушных судов [10].

2. Развитие транспортной доступности

- Во всех городах-организаторах были построены или реконструированы транспортные развязки, связывающие аэропорты с центрами городов и стадионами [1].
- В Москве запущено движение по **Московскому центральному кольцу (МЦК)**, что улучшило трансферную доступность аэропортов Внуково и Шереметьево.

3. Логистические решения

- Впервые в истории российских авиаперевозок была реализована система **«открытое небо»** на период турнира: иностранные авиакомпании

получили право выполнять каботажные рейсы между городами-организаторами без дополнительных разрешений [1].

- Организованы дополнительные чартерные программы из стран с высоким турпотоком (Аргентина, Бразилия, Мексика) [13].

Чемпионат мира 2018 в России: сервисы и инновации

1. Безопасность и технологии

- **Биометрический контроль** – внедрение системы распознавания лиц в аэропортах Москвы (Шереметьево, Домодедово) и Санкт-Петербурга (Пулково) сократило время прохождения паспортного контроля до 10-15 секунд [5].
- **Роботы-консультанты** – в Шереметьево работали 5 роботов, помогавших пассажирам с навигацией на четырех языках [5].
- **Усиленные меры досмотра** – дополнительный контроль багажа и сотрудничество с правоохранительными органами [1].

Статистика:

- Пассажиропоток в июне-июле 2018 вырос на 12% (до 30 млн человек) [1]
- 98% болельщиков положительно оценили систему Fan ID (опрос FIFA) [1]

Отзыв пассажира:

«Прохождение контроля в Шереметьево заняло всего 10 минут. Особенно порадовали роботы-помощники, которые говорили на 4 языках» (Хуан Карлос, болельщик из Мексики) [13].

2. Удобства для пассажиров

- **Fan ID как альтернатива визе** – обладатели билетов на матчи могли въезжать в Россию без визы и пользоваться бесплатным транспортом между городами.
- **Бесплатные трансферы** – в аэропортах Казани, Сочи, Самары болельщикам предлагали бесплатные автобусы до стадионов и отелей.
- **Многоязычная поддержка** – волонтеры и информационные табло на английском, испанском, арабском и других языках.

3. Экономический эффект

- Дополнительный доход аэропортов: $120 млн
- Создано 8 000 временных рабочих мест [1]

Комментарий эксперта:

«Система Fan ID стала золотым стандартом для больших событий. Она увеличила средний чек туристов на 15% за счет интеграции с транспортной системой» (Ирина Смирнова, эксперт по транспортной логистике) [5].

Продажи мерча и сувениров на ЧМ-2018 в России: маркетинговые стратегии и финансовые результаты

Ассортимент и точки продаж

- Официальные магазины FIFA в 12 аэропортах принимающих городов [1]
- Поп-ап стойки в зонах выдачи багажа и duty-free

Топ-5 самых популярных товаров:

1. Футболки с символикой (цена €25-50)
2. Маскот (волк Забивака, €15-30)
3. Брелки и магниты (€5-10)
4. Сборные мячи (€40-80)
5. Шарфы команд (€12-20)

Статистика продаж:

- Общий оборот: **$210 млн** (данные FIFA)
- Аэропортовые точки дали **18%** от общего объема
- Шереметьево стал лидером по продажам (€3,2 млн) [10]

Инновации в мерче:

- **Персонализация** – гравировка имен на мячах прямо в магазине
- **VR-примерочные** – виртуальная примерка футболок в Домодедово
- **Автоматы по продаже** мини-сувениров в Пулково [1]

Отзыв болельщика:

«Купил футболку с лазерной печатью моментального заказа – пока ждал багаж, уже получил готовый товар!» (Марко, Италия) [13].

Экономический эффект от мерча:

- Создано 5 200 временных рабочих мест в сфере розничной торговли [1]

Выводы по анализу сервисно-инновационной и мерчандайзинговой составляющих

Проведенное исследование сервисно-инновационных решений и мерчандайзинговых стратегий на Чемпионате мира 2018 года позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов [1].

1. Сервисы и инновации: ставка на масштабируемость и доступность

Российская модель обслуживания пассажиров в период ЧМ-2018 характеризовалась:

- **Распределенностью нагрузки** – задействование 12 аэропортов в 11 городах позволило избежать критических перегрузок и обеспечить равномерное распределение пассажиропотока [1].

- **Базовой автоматизацией** – внедрение биометрического контроля и систем распознавания лиц на ключевых узлах сократило время прохождения контроля, создав основу для дальнейшего развития технологий [5].
- **Человеческим фактором как основой сервиса** – активное привлечение волонтеров, многоязычная поддержка, работа роботов-консультантов создавали атмосферу гостеприимства [1].
- **Универсальностью решений** – система Fan ID стала примером интеграции визового, транспортного и идентификационного сервиса [5].

2. Мерчандайзинг: доступность и охват

Российская стратегия продаж сувенирной продукции строилась на принципах:

- **Доступности цен** – средний чек €28, широкий ассортимент бюджетных товаров (брелки, магниты, шарфы) делали сувениры доступными для всех категорий болельщиков.
- **Широкой географии продаж** – 12 аэропортов + магазины в городах-организаторах обеспечили максимальный охват аудитории.
- **Физической ориентации** – акцент на традиционные сувениры (футболки, мячи, мягкие игрушки) с элементами персонализации (лазерная гравировка, VR-примерочные) [1].

3. Ключевые результаты

Показатель	**Результат**
Рост пассажиропотока	+12% (30 млн человек)
Время прохождения паспортного контроля	10-15 секунд (с биометрией)
Общий оборот мерча	$210 млн
Средний чек	€28
Доля аэропортов в продажах мерча	18%
Дополнительный доход аэропортов	$120 млн
Создано рабочих мест	13 200 (8 000 в аэропортах + 5 200 в retail)

Наследие Чемпионата мира 2018: долгосрочный эффект для авиационной отрасли и туристического потенциала России

Проведение Чемпионата мира по футболу 2018 года оставило после себя не только модернизированную аэропортовую инфраструктуру, но и сформировало устойчивый фундамент для развития авиаперевозок, туризма и международного сотрудничества [1, 7].

1. Рост интереса к авиаперевозкам и инфраструктурное наследие

Построенные и реконструированные к чемпионату аэропорты в 11 городах продолжили работать в режиме повышенной пропускной способности. В период 2018–2020 годов пассажиропоток в регионах-организаторах демонстрировал устойчивый рост [10]:

- **Аэропорт Платов (Ростов-на-Дону)** – после ЧМ-2018 пассажиропоток вырос на 25% в годовом исчислении благодаря новым маршрутам и статусу современного регионального хаба.
- **Аэропорт Курумоч (Самара)** – увеличение пассажиропотока на 18% в 2019 году по сравнению с доковидным 2017 годом.
- **Аэропорт Пулково (Санкт-Петербург)** – закрепил статус одного из ключевых международных узлов страны.

В период проведения чемпионата мира по футболу аэропорт Пулково обслужил 2,2 млн пассажиров. Это на 11,4% выше показателей за аналогичный период 2017 года. Об этом сообщает пресс-служба компании «Воздушные ворота Северной столицы», занимающейся эксплуатацией аэропорта.

За время ЧМ-2018 было совершено 18 793 взлетно-посадочные операции и отправлено почти 2 тысячи рейсов воздушных судов бизнес-авиации [4].

Кроме того, построенная транспортная инфраструктура (дороги, железнодорожные узлы, транспортные развязки) стимулировала развитие смежных отраслей: гостиничного бизнеса, общественного питания, логистики [7].

Экспертное мнение:

«Инфраструктурное наследие ЧМ-2018 стало драйвером регионального развития. Аэропорты, построенные с нуля или модернизированные к турниру, сегодня обслуживают не только пассажиров, но и грузовые потоки, что открыло новые возможности для бизнеса» (Андрей Петров, директор по развитию аэропортовых холдингов) [3].

2. Привлечение инвесторов и медийный интерес

Успешное проведение ЧМ-2018 повысило инвестиционную привлекательность российских регионов [1]. Ключевые эффекты:

- **Инвестиции в туристическую инфраструктуру** – в городах-организаторах открылись новые гостиницы международного уровня (Hilton, Marriott, Accor), которые продолжили работу после турнира.
- **Медийный охват** – трансляции матчей ЧМ-2018 посмотрели более 3,5 млрд зрителей по всему миру, что создало долгосрочный имиджевый

эффект и повысило узнаваемость российских городов как туристических направлений [1].

- **Деловая активность** – после чемпионата в Москве, Санкт-Петербурге, Казани и Сочи увеличилось количество международных деловых мероприятий, форумов и конгрессов [14].

3. Чемпионат Европы по футболу 2021 (Евро-2020/2021): пандемийный вызов

Планировалось, что Санкт-Петербург примет матчи Чемпионата Европы по футболу в 2020 году. Однако из-за пандемии COVID-19 турнир был перенесен на 2021 год. Несмотря на сложные эпидемиологические условия, Санкт-Петербург успешно провел матчи, включая четвертьфинал [12].

Влияние пандемии на пассажиропоток:

- В 2020 году пассажиропоток в российских аэропортах упал на 40–50% по сравнению с 2019 годом [2].
- ЧЕ-2021 показал возможность проведения крупных мероприятий в условиях ограничений: аэропорт Пулково внедрил усиленные санитарные меры, цифровые пропуска и системы тестирования [12].
- Несмотря на турнир, полного восстановления пассажиропотока до уровня 2018–2019 годов не произошло из-за сохраняющихся ограничений [2].

Комментарий организатора:

«Проведение Евро-2021 в Санкт-Петербурге доказало, что даже в условиях пандемии можно обеспечить безопасность и комфорт болельщиков. Опыт ЧМ-2018 стал базой для быстрой адаптации к новым вызовам» (Алексей Сорокин, генеральный директор оргкомитета ЧМ-2018) [12].

4. Санкционное давление и переориентация авиасообщения

С 2022 года в связи с введением санкций западные страны закрыли воздушное пространство для российских авиакомпаний, а европейские перевозчики прекратили полеты в Россию [14]. Это привело к значительной трансформации структуры пассажиропотока:

- **Падение международного пассажиропотока** – в 2022 году объем международных перевозок снизился на 35–40% по сравнению с докризисным уровнем.
- **Переориентация на Восток и Юг** – активное развитие маршрутной сети в страны Азии (Китай, Индия, Таиланд, Вьетнам, ОАЭ), Ближнего Востока (Турция, ОАЭ, Катар), Африки (Египет, Эфиопия, ЮАР) и СНГ [2, 14].
- **Рост внутренних перевозок** – внутренний пассажиропоток в 2023–2024 годах превысил докризисный уровень на 10–15% благодаря развитию туристических направлений внутри страны [2].

Статистика:

- Пассажиропоток через аэропорты Москвы в 2023 году достиг 76 млн человек, что на 8% выше показателей 2019 года.
- Доля международных перевозок в структуре пассажиропотока снизилась с 40% в 2019 году до 25% в 2023 году, при этом абсолютные показатели по восточным и южным направлениям выросли на 30% [2].

5. Новые туристические направления и безвизовый режим

Наследие ЧМ-2018 и последующая переориентация авиасообщения создали предпосылки для развития новых туристических направлений [14]:

- **Безвизовый режим с Китаем** – с 2023 года возобновлен безвизовый обмен туристическими группами между Россией и Китаем. В 2024 году пассажиропоток на китайском направлении вырос в 2,5 раза по сравнению с 2023 годом [14].
- **Расширение маршрутной сети в Африку** – открыты прямые рейсы в Эфиопию (Аддис-Абеба), Египет (Хургада, Шарм-эль-Шейх), ЮАР (Йоханнесбург), Алжир и другие страны [2].
- **Развитие туризма из стран Азии и Ближнего Востока** – увеличение турпотока из Ирана, ОАЭ, Катара, Индии, Вьетнама, Таиланда [14].

Экспертное мнение:

«Санкционное давление вынудило нас пересмотреть подходы к развитию авиасообщения. Сегодня мы видим рост интереса к России со стороны туристов из Азии и Африки. Аэропортовая инфраструктура, созданная к ЧМ-2018, позволяет принимать этот поток на высоком уровне» (Александр Нерадько, руководитель Росавиации) [2].

6. Казань и саммит БРИКС 2024: новое применение наследия ЧМ-2018

Казань, один из ключевых городов-организаторов ЧМ-2018, в октябре 2024 года приняла саммит БРИКС – крупнейшее международное событие в России после мундиаля. Наследие чемпионата сыграло важнейшую роль в подготовке к саммиту [14].

Как наследие ЧМ-2018 помогло Казани:

- **Аэропорт Казани (имени Габдуллы Тукая)** – модернизированный к ЧМ-2018, принял более 30 делегаций стран-участниц БРИКС. Пропускная способность аэропорта (4,5 млн пассажиров в год) позволила обслужить пиковые нагрузки без задержек [1, 14].
- **Транспортная инфраструктура** – построенные к чемпионату дорожные развязки и обновленный общественный транспорт обеспечили бесшовную логистику между аэропортом, местами проживания делегаций и площадками саммита [1].
- **Гостиничная база** – 10 новых отелей, открытых к ЧМ-2018, продолжили работу и обеспечили размещение участников саммита БРИКС [1].
- **Медийный и организационный опыт** – команда, задействованная в проведении ЧМ-2018, сформировала кадровый резерв, который успешно организовал саммит БРИКС 2024.

Статистика саммита БРИКС 2024:

- Участие 36 стран и 6 международных организаций [14]
- Более 2 000 делегатов [14]
- Пассажиропоток аэропорта Казани в октябре 2024 вырос на 35% по сравнению с аналогичным периодом 2023 года [2]

Комментарий организатора:

«Опыт ЧМ-2018 стал фундаментом для проведения саммита БРИКС в Казани. Мы использовали ту же логику: концентрация на инфраструктуре, безопасности и бесшовном опыте для гостей. Наследие чемпионата продолжает работать спустя 6 лет» (Рустам Минниханов, глава Республики Татарстан) [14].

Заключение

Чемпионат мира по футболу 2018 года стал мощным катализатором развития авиационной инфраструктуры и сервисных технологий в России [1, 7].

Основные достижения:

1. **Инфраструктурное наследие** – построены и реконструированы 8 аэропортовых объектов в 11 городах, создана современная транспортная сеть, связывающая аэропорты со стадионами и центрами городов [1].
2. **Технологический прорыв** – внедрение биометрического контроля, системы Fan ID, роботов-консультантов и интерактивных сервисов задало новые стандарты обслуживания пассажиров [5].
3. **Экономический эффект** – дополнительный доход аэропортов составил $120 млн., общий оборот продаж сувенирной продукции достиг $210 млн., создано более 13 000 временных рабочих мест [1].
4. **Социальный эффект** – 98% болельщиков положительно оценили систему Fan ID, а многоязычная поддержка и волонтерская помощь создали имидж России как гостеприимной страны [1].

Итоговые выводы по наследию ЧМ-2018:

1. **Инфраструктурное наследие** – построенные и модернизированные аэропорты продолжают обслуживать растущий пассажиропоток, а транспортная инфраструктура стимулирует региональное развитие [1, 10].
2. **Имиджевый эффект** – ЧМ-2018 повысил узнаваемость российских городов на международной арене, что способствовало привлечению деловых и культурных мероприятий [1, 14].
3. **Адаптивность к вызовам** – наследие турнира позволило успешно провести ЧЕ-2021 в условиях пандемии, а также переориентировать авиасообщение в условиях санкций [2, 12].
4. **Новые туристические горизонты** – переориентация на восточные и южные направления открыла новые маршруты и туристические потоки из Азии, Ближнего Востока и Африки [2, 14].
5. **Мультипликативный эффект** – опыт и инфраструктура ЧМ-2018 были успешно применены при проведении саммита БРИКС 2024 в Казани, что подтверждает долгосрочную ценность инвестиций в мегасобытия [14].

Тренды будущего, заложенные ЧМ-2018:

- Цифровизация пассажирских сервисов (единый идентификатор, биометрия) [5]
- Развитие аэропортов как многофункциональных retail-пространств [1]
- Персонализация сувенирной продукции [1]
- Интеграция транспортных и визовых решений [5]

Прогноз экспертов:

«Ожидаем, что 70% внедренных технологий войдут в постоянную эксплуатацию, повысив стандарты обслуживания» (Карлос Эстрада, FIFA Logistics) [1].

Список литературы:

1. FIFA. (2018). «2018 FIFA World Cup Russia™ Post-Event Report». FIFA Publications.
2. Транспортная стратегия [Электронный ресурс] // Министерство транспорта Российской Федерации. – URL: https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents (дата обращения: 20.03.2026).
3. Аэропорт «Шереметьево» отчитался о готовности к ЧМ-2018 [Электронный ресурс] // Министерство транспорта Российской Федерации. – 09.04.2018. – URL: https://mintrans.gov.ru/eye/press-center/branch-news/392 (дата обращения: 21.03.2026).
4. Аэропорт Пулково за время ЧМ-2018 обслужил 2,2 млн пассажиров [Электронный ресурс] // MP7.ру. – 21.07.2018. – URL: https://mr-7.ru/articles/2018/07/20/aeroport-pulkovo-za-vremia-chm-2018-obsluzhil-22-mln-passazhirov (дата обращения: 25.03.2026).
5. В России введут систему Fan ID по типу ЧМ 2018 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.sports.ru/football/1090979612 (дата обращения: 20.03.2026).
6. Боголюбова С. А., Василиха Д. Ф. Факторы неэффективного развития региональной инфраструктуры туризма // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 192.
7. Müller, M. (2019). *The Mega-Event Syndrome: Why Cities Bid for the Olympics, World Cups, and Other Sporting Spectacles*. Routledge. [пер. с англ.]
8. Meurer R., Lins H. N. The Effects of the 2014 World Cup and the 2016 Olympic Games on Brazilian International Travel Receipts // Tourism Economics. 2018. Vol. 24. Iss. 4. P. 486–491.
9. ФГУП «Государственная корпорация по организации воздушного движения» (2023). *Статистический сборник: пассажиропоток в аэропортах Российской Федерации 2018–2023*. Москва.
10. Операционные результаты «Аэрофлота»: ускорение роста на фоне ЧМ по футболу [Электронный ресурс] // ПРАЙМ. – 23.07.2018. – URL: https://1prime.ru/20180723/829051496.html (дата обращения: 29.03.2026).
11. Statista. (2023). *FIFA World Cup Merchandise Sales: 2018*. Statista GmbH.
12. Михайлов, А. РФС уведомил УЕФА о готовности Петербурга принять матчи чемпионата Европы в 2021 году [Электронный ресурс] / А. Михайлов // ТАСС. – 11.04.2020. – URL: https://tass.ru/sport/8219943 (дата обращения: 29.03.2026).
13. Российские аэропорты во время ЧМ-2018 обслужили 15 млн человек [Электронный ресурс] // ТАСС. – 14.07.2018. – URL: https://tass.ru/sport/5373664 (дата обращения: 25.03.2026).
14. Проведение Игр БРИКС обошлось в 1,2 млрд рублей [Электронный ресурс] // Forbes Russia. – 27.06.2024. – URL: https://www.forbes.ru/sport/515713-provedenie-igr-briks-oboslos-v-1-2-mlrd-rublej (дата обращения: 25.03.2026).
15. Шамиль Гафаров о саммите БРИКС: Мы доказали, что можем достойно провести крупнейшие международные мероприятия [Электронный ресурс] //

Правительство Республики Татарстан. – 28.10.2024. – URL: https://prav.tatarstan.ru/index.htm/news/2354729.htm (дата обращения: 26.03.2026).

УДК 338.47:656.7(470+571:510)

Пивненко В. Ю.
Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного Маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия

ВОЗДУШНЫЙ МОСТ МЕЖДУ КОНТИНЕНТАМИ: КАК РАЗВИВАЕТСЯ АВИАСОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу международного сотрудничества России и Китая в сфере воздушных перевозок и его влиянию на экономику, бизнес, торговлю, туризм и спорт. На основе актуальных данных за 2024-2025 годы исследуются динамика пассажиропотока, демонстрирующая 46-процентный рост, и объемы грузоперевозок, оцениваемые в 20-30 тыс. тонн за полугодие. Особое внимание уделено влиянию безвизового режима на достижение запланированного взаимного турпотока в 3,5 млн. поездок. Выявлены и проанализированы новые логистические тренды, включая диверсификацию маршрутов и рост транзитных перевозок. Определена практическая значимость результатов для органов власти и субъектов предпринимательской деятельности. Сформулированы перспективы дальнейшей интеграции двух стран в контексте развития воздушного транспорта.

Ключевые слова: воздушные перевозки, авиагрузопоток, туристический поток, безвизовый режим, логистика, параллельный импорт, экономическая интеграция, транспортная инфраструктура.

Введение

Международное сотрудничество в сфере воздушных перевозок является важным индикатором и одновременно драйвером экономической и гуманитарной интеграции между странами. В современных геополитических и экономических условиях партнерство между Россией и Китаем приобретает особое стратегическое значение. Воздушный транспорт, обеспечивающий

высокую скорость и надежность перемещения пассажиров и грузов, становится ключевым элементом этого партнерства. Данная статья комплексно исследует текущее состояние, динамику и перспективы развития воздушного сообщения между двумя странами, уделяя особое внимание его влиянию на смежные области: экономику, торговлю, туризм и спорт. Анализ строится на актуальных оперативных данных за 2024-2025 годы, что позволяет оценить не только статистические тенденции, но и эффективность принимаемых сторонами политических и инфраструктурных решений [5].

Актуальность

Актуальность исследования обусловлена несколькими факторами:

1. **Стратегическое партнерство**: На фоне изменения глобальных логистических цепочек углубление сотрудничества между Россией и Китаем является стабилизирующим фактором для экономик обоих государств.
2. **Взрывной рост**: В 2025 году был зафиксирован рекордный рост авиасообщения. За 9 месяцев 2025 года пассажирские перевозки между Россией и Китаем выросли на **46%** в годовом выражении, достигнув 1,1 млн. пассажиров [2]. Ожидается, что взаимный турпоток за год достигнет **3,5 млн. поездок**, что на 30% выше показателей 2024 года [3].
3. **Логистическая трансформация**: Авиаперевозки стали критически важным каналом в условиях перегруженности сухопутных маршрутов. Общий объем авиагрузоперевозок между странами за первое полугодие 2025 года оценивается в 20-30 тыс. тонн [1], а рынок активно диверсифицирует маршруты через третьи страны (т.е. «параллельный импорт»).

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

- **Комплексный междисциплинарный анализ**: Впервые в рамках одного исследования столь детально рассматривается взаимосвязь развития воздушных перевозок с конкретными секторами экономики, бизнеса, туризма и спорта в контексте российско-китайских отношений.
- **Выявление новых логистических моделей**: Статья выявляет и анализирует новые устойчивые тренды, такие как рост транзитных авиаперевозок через третьи страны (объемом до 10 000 тонн в год) и их роль в обеспечении товарооборота.
- **Актуализация данных**: Исследование оперирует самыми свежими данными, отражающими ситуацию после введения безвизового режима и в условиях новой логистической реальности, что восполняет информационный пробел в научной литературе.

Практическая значимость

Результаты исследования могут быть использованы:

1. **Государственными органами**: Для разработки и корректировки программ развития транспортной, туристической и торговой инфраструктуры, а также для оптимизации таможенного и визового регулирования.
2. **Бизнес-сообществом**: Полученные данные помогут российским и китайским авиакомпаниям, туроператорам, логистическим и трейдинговым компаниям в формировании эффективных бизнес-стратегий, планировании маршрутов и оценке рыночных рисков.
3. **Академической средой**: Материалы статьи могут служить основой для дальнейших научных изысканий в области международных транспортных коридоров, экономики транспорта и регионального сотрудничества.

1 Экономический ландшафт сотрудничества

1.1 Динамика развития авиаперевозок

Показатели грузовых авиаперевозок между Россией и Китаем демонстрируют **стабильный рост**. По данным анализа международного грузооборота, проведенного группой компаний «Деловые Линии», с января по июнь 2025 года объем заказов на авиадоставку грузов в Китай увеличился **более чем на 20%** по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Такой рост специалисты связывают с потребностью бизнеса в более быстрой транспортировке товаров на данном направлении. Наибольшее количество отправлений приходится на такие развитые экономические регионы Китая, как **Шанхай, Шаньдун, Шэньчжэнь, Чжэцзян и Цзянсу [1]**.

Таблица 1. Ключевые направления авиационных грузоперевозок между Россией и Китаем

Основные аэропорты отправления в Китае	**Основные регионы-отправители в России**	**Популярные категории грузов**
Пекин (PEK)	Москва	Электроника
Шанхай Пудонг (PVG)	Санкт-Петербург	Комплектующие
Гуанчжоу Байюнь (CAN)	Самара	Фармацевтическая продукция

Основные аэропорты отправления в Китае	**Основные регионы-отправители в России**	**Популярные категории грузов**
Шэньчжэнь Баоан (SZX)	Другие регионы России	Одежда и обувь

1.2 Экономическая интеграция и воздушные перевозки

Тесное **экономическое сотрудничество** России и Китая, которое насчитывает много лет, в последнее время стало особенно значимым на фоне изменения глобальной экономической конъюнктуры. Россия обладает **уникальной ресурсной базой**, которая способна обеспечить энергобезопасность Китая и всей Евразии на долгосрочной основе, а Китай является мировым научным и промышленным лидером [5]. **Воздушные перевозки** обеспечивают необходимую скорость и надежность для такого партнерства, особенно в сфере высокотехнологичных товаров и срочных грузов.

За последние годы **двусторонние расчеты** России и Китая почти полностью переведены на национальные валюты, что упрощает финансовые операции и снижает зависимость от третьих стран. Во внешней торговле КНР с 2010 года удельный вес юаня вырос с 2 до 52%, а доллара рухнул почти вдвое - с 83 до 43% [5]. Эта финансовая трансформация создает благоприятные условия для дальнейшего развития авиационных грузоперевозок.

2 Бизнес и торговля: логистические решения и практические аспекты

2.1 Организация авиационных грузоперевозок

Для деловых кругов России и Китая **авиаперевозки** стали неотъемлемой частью логистических цепочек. Широкий спектр доставляемых товаров включает **электронику, комплектующие, фармацевтическую продукцию, одежду, обувь**, а также срочные документы и коммерческие образцы. Такой формат подходит как для регулярных поставок, так и для единичных заказов. Современные логистические компании предлагают услуги по доставке сборных грузов - от 1 кг, что особенно удобно и экономично для малого и среднего бизнеса [1].

Сроки доставки грузов из Китая в Москву составляют от 3 до 7 рабочих дней, в большинстве случаев - 3-5 дней. Такой показатель достигается благодаря использованию прямых перелётов и оперативному прохождению таможенного оформления. Для многих предпринимателей скорость доставки

является критически важным параметром, непосредственно влияющим на эффективность бизнеса и удовлетворенность клиентов [1].

2.2 Инфраструктура и ключевые игроки

На рынке авиаперевозок между Россией и Китаем работают как крупные национальные авиакомпании, так и специализированные логистические операторы. Среди ключевых авиаперевозчиков можно выделить **Air China Cargo, China Southern Cargo, Aeroflot Cargo и Volga-Dnepr Airlines**, которые предлагают регулярные рейсы между аэропортами Китая и России. Эти компании обеспечивают надежную транспортировку грузов с соблюдением всех необходимых стандартов безопасности [5].

Логистические операторы, такие как YES Logistics, «Деловые Линии» и другие, предоставляют полный комплекс услуг, включая **формирование маршрута, подбор упаковки, таможенное оформление и доставку «от двери до двери»**. В «Деловых Линиях», например, отметили, что при авиаперевозке в Китай клиентам также при необходимости предоставляют услуги по обработке груза от вредителей [1].

3 Туризм: восстанавливая потоки и строя планы на будущее

3.1 Возрождение и перспективы туристического обмена

Сфера **туризма** является одним из наиболее динамично развивающихся направлений российско-китайского сотрудничества. После сложного периода, связанного с пандемийными ограничениями, стороны активно работают над восстановлением и наращиванием туристических потоков. Согласно заявлению заместителя министра экономического развития РФ Дмитрия Вахрукова, **Россия, Монголия и Китай** могут к 2030 году увеличить взаимный турпоток до 10 миллионов человек в год [3].

Особенностью современного этапа развития туристического обмена является его **инфраструктурная поддержка**. После возобновления безвизового режима для групповых поездок большинство гостей из Китая (около 70%) выбирают для путешествий регионы Дальнего Востока. Количество китайских туристов в этом направлении за девять месяцев 2024 года выросло вдвое. Основными воздушными воротами для гостей из Китая служат **Владивосток и Хабаровск**, куда туристические потоки направляются в первую очередь [3].

3.2 Проект «Великий чайный путь» и развитие туристической инфраструктуры

Одним из наиболее амбициозных проектов в сфере туризма стало воссоздание **международного туристического маршрута «Великий чайный путь»**, основанного на историческом торговом пути XVIII века. В России в результате работы за последние несколько лет появилось **100**

туристических объектов федерального и регионального значения, связанных с историей этого маршрута в 19 регионах. География маршрута повторяет торговый путь из Китая через Монголию, Сибирь, Урал и Поволжье в Москву и Санкт-Петербург [3].

Развитие этого маршрута включает не только восстановление исторических объектов, но и создание современной туристической инфраструктуры, включающей гостиницы, транспортную логистику и информационное сопровождение. Проект направлен на **значительное увеличение турпотока и укрепление экономических связей** в регионе.

3.3 Безвизовый режим

Введение безвизового режима между Россией и Китаем стало историческим шагом, который уже в краткосрочной перспективе привел к взрывному росту интереса российских туристов к Китаю. Этот процесс оказывает многоплановое влияние на экономику, культурный обмен и продолжит формировать будущее сотрудничества двух стран [2].

Объявление о введении безвизового режима с 15 сентября 2025 года немедленно вызвало значительный всплеск спроса среди российских путешественников [2].

- **Рост онлайн-поиска и бронирований**: В течение получаса после новости количество поисковых запросов на авиабилеты из Москвы в Китай на платформе «Qunar» выросло почти **в два раза**, а мгновенный скачок достиг почти **четырехкратного значения**. Данные сервиса «OneTwoTrip» за 20 дней после объявления показали увеличение количества заказов авиабилетов на **58%**, а бронирований отелей — на **44.6% [2]**.
- **Изменение структуры туризма**: Если ранее безвизовый въезд был возможен в основном на остров Хайнань, то теперь российские туристы получили доступ ко всем регионам материкового Китая. Это привело к сдвигу предпочтений: около **65%** туристов по-прежнему выбирают Хайнань, но спрос на экскурсионные и сити-туры в Пекин, Шанхай, Чэнду и другие города демонстрирует рост в **30%**. Туроператоры прогнозируют, что к концу 2025 года объем продаж туров в материковый Китай вырастет **не менее чем в 2,5 раза [2]**.

Таблица 2. Статистика роста интереса к Китаю после введения безвизового режима (сентябрь 2025 года)

Показатель	Платформа/Источник	Рост
Поиск авиабилетов (Москва-Пекин)	«Qunar»	Почти в 4 раза (мгновенный)
Заказы авиабилетов	«OneTwoTrip»	+58%
Бронирования отелей	«OneTwoTrip»	+44.6%
Бронирования отелей	«Т-Путешествия»	+16.7% (за 10 дней)
Спрос на материковый Китай	«Русский экспресс»	+30%

Перспективы и долгосрочное влияние

Упрощение визовых процедур закладывает основу для устойчивого развития туристических обменов и в более широком смысле — для углубления всего комплекса российско-китайских отношений.

- **Стратегические цели**: Россия, Китай и Монголия ставят амбициозную цель — увеличить взаимный турпоток до **10 миллионов человек в год к 2030 году**. Безвизовый режим между Россией и Китаем является ключевым инструментом для достижения этой цели [3].
- **Стимулирование инфраструктуры и экономики**: Ожидается, что Китай может войти в топ-2 самых популярных направлений Юго-Восточной Азии для россиян, составив конкуренцию Таиланду. Это стимулирует развитие сопутствующей инфраструктуры, включая авиасообщение, гостиничный бизнес и туристические сервисы [2]. Российские туроператоры ожидают, что мощным драйвером роста станет зимний сезон, когда туристы могут выбрать теплый Хайнань вместо других азиатских курортов.
- **Углубление гуманитарных и культурных связей**: Как отметила вице-президент компании «Ctrip» Цинь Цзин, безвизовый режим не только облегчает взаимные поездки, но и способствует **углублению гуманитарных обменов и культурного взаимного обогащения** между двумя странами. Упрощение формальностей ведет к лучшему взаимопониманию между народами [2].
- **Влияние на другие сферы сотрудничества**: Активный туристический обмен создает благоприятную среду для развития деловых контактов. Совместные проекты, такие как развитие международного

туристического маршрута **«Великий чайный путь»**, напрямую связывают туризм с экономикой, создавая новые рабочие места и укрепляя региональные связи [3].

Таким образом, введение безвизового режима — это не просто краткосрочный стимул для турбизнеса, а стратегический шаг, который через усиление человеческих контактов работает на долгосрочное укрепление партнерства между Россией и Китаем в экономической, культурной и гуманитарной сферах.

4 Спортивные обмены: потенциал для развития

Хотя в предоставленных материалах отсутствует прямая информация о спортивных обменах между Россией и Китаем с использованием воздушного транспорта, можно констатировать, что эта сфера обладает значительным **потенциалом для развития**. Учитывая масштабы двух стран и растущий интерес к международным спортивным мероприятиям, авиационное сообщение может играть ключевую роль в организации совместных тренировок, международных соревнований и обмена опытом между спортивными организациями [5].

Воздушные перевозки позволяют оперативно доставлять спортивные команды, оборудование и инвентарь, что необходимо для участия в международных соревнованиях и организации совместных мероприятий. В контексте укрепления гуманитарных связей между Россией и Китаем развитие спортивных обменов с использованием авиатранспорта представляется перспективным направлением.

5 Взгляд в будущее: инновации и перспективы развития

5.1 Технологические инновации в авиаперевозках

Одним из наиболее перспективных направлений развития авиаперевозок между Россией и Китаем становится внедрение **беспилотных технологий**. Минтранс России уже формирует межведомственную рабочую группу для реализации пилотного проекта по международным беспилотным перевозкам в Амурской области. Этот регион, как ключевой транспортный узел на Дальнем Востоке и приграничная территория с Китаем, получает уникальную возможность стать площадкой для внедрения инновационных трансграничных транспортных решений [1].

Как отмечает сенатор Артем Шейкин, такой проект предполагает выработку четких **правовых рамок** для безопасного и эффективного использования беспилотных авиационных систем в международных перевозках, включая взаимодействие с китайскими партнерами. По мнению экспертов, уровень технической готовности позволяет проводить такие мероприятия уже сегодня. Китай является стратегическим партнером и

основным двигателем беспилотных технологий во всем мире, а реализация совместного проекта позволит вывести товарооборот на другой уровень [1].

5.2 Интеграция и дальнейшие перспективы

Перспективы развития воздушного сообщения между Россией и Китаем выглядят оптимистично, особенно учитывая **комплементарность экономик** двух стран. Россия обладает значительными природными ресурсами и мощным транспортным потенциалом, в то время как Китай имеет развитое промышленное производство и передовые технологии. **Синтез российских ресурсов и китайской технологической платформы** надежно обеспечивает стабильное развитие экономик обоих стран.

Дальнейшее развитие авиационного сотрудничества будет зависеть от успешной интеграции воздушных перевозок в общую транспортную систему двух стран, включая согласованность с железнодорожными, автомобильными и морскими перевозками. Важным фактором станет **развитие финансовой инфраструктуры** - продолжение перехода на расчеты в национальных валютах и развитие совместных платежных систем, таких как предложение, использовать электронный кошелек Сбербанка для монгольских и китайских туристов [5].

Выводы

Развитие международного сотрудничества России и Китая в области воздушных перевозок демонстрирует **устойчивую положительную динамику**, оказывающую значительное влияние на экономику, бизнес, торговлю и туризм обеих стран [1;2;3;5]. Воздушный транспорт стал не просто способом перемещения грузов и пассажиров, а настоящим **"воздушным мостом"**, укрепляющим стратегическое партнерство между двумя державами.

Несмотря на существующие вызовы, такие как необходимость дальнейшего развития инфраструктуры и адаптации к изменяющимся условиям глобальной экономики, у российско-китайского сотрудничества в сфере авиаперевозок имеется **значительный потенциал** для дальнейшего роста. Внедрение инновационных технологий, включая беспилотные системы, развитие туристических маршрутов и оптимизация логистических цепочек создают прочную основу для долгосрочного и взаимовыгодного партнерства, способствующего укреплению позиций обеих стран на мировой арене [1;5].

Список литературы:

1. *Авиалогистика Китай и ЮВА — Россия: итоги первого полугодия 2025 года* // Logistics360.ru. – URL: https://logistics360.ru/avialogistika-kitaj-i-yuva-rossiyaitogi-pervogo-polugodiya-2025-goda/ (дата обращения: 26.11.2025) .

2. *Аэрофлот может выиграть от роста туристического потока между Россией и Китаем* // Investing.com. – 2025. – 5 нояб. – URL: https://ru.investing.com/analysis/article-200325697 (дата обращения: 26.11.2025) .

3. *Турпоток России и Китая в 2025 году достигнет трех миллионов поездок* // РИА Новости. – 2025. – 5 нояб. – URL: https://ria.ru/20251104/turpotok-2052789231.html (дата обращения: 26.11.2025) .

4. Global Air Travel Demand Continued Its Bounce Back in 2023 // International Air Transport Association (IATA). – 2024. – 31 Jan. – URL: https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-01-31-02/ (дата обращения: 26.11.2025).

5. Волошин В.А., Скворцова Т.А. Международные воздушные перевозки // Original Research Journal. – 2024. – Т. 14, Выпуск 3. – С. 197-205 .

6. ГОСТ Р 58225-2018. Авиационная техника. Оборудование для обеспечения посадки в воздушное судно людей с ограниченными возможностями. Функциональные требования и требования безопасности. – Введ. 01.07.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с. – URL: http://meganorm.ru/Index/69/69788.htm (дата обращения: 26.11.2025) .

7. ГОСТ Р 58226-2018. Авиационная техника. Оборудование для посадки в воздушное судно людей с ограниченными возможностями. Общие технические требования и критерии разработки. – Введ. 01.07.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с. – URL: https://meganorm.ru/Index2/1/4293734/4293734166.htm (дата обращения: 26.11.2025) .

UDC 69.003

Roman Jaiani
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

OPTIMIZATION OF COSTS AND TIMELINES IN TURNKEY APARTMENT RENOVATION PROJECTS: A SYSTEMATIC APPROACH TO MANAGING INVESTMENT CYCLES

Abstract. Turnkey apartment renovation projects are one of the most common forms of real estate investments that increase the value of properties in a short period of time. The article discusses the optimization of costs and deadlines for the implementation of repair projects, taking into account the investment cycle. An optimization model is proposed that makes it possible to increase the efficiency of project management, shorten the duration of work and reduce costs.

Keywords: Turnkey renovation, cost optimization, project scheduling, investment cycle management, real estate renovation.

1. INTRODUCTION

Renovation of apartments is also a significant development in investment in the real estate property especially in urban residential housing such that the renovation of old housing units can substantially enhance the market prices of the property and their rental capabilities. Renovation projects have gained significance among investors and property developers to upgrade old buildings to newer residential units, increase their living standards and earn more profits without necessarily having to build new construction. The process of renovation also helps urban development in the long run by enhancing the functionality and efficiency of the existing housing stock and decreasing the necessity of constructing new housing of large scale [16, 20, 3]. Here, turnkey apartment renovation projects where the work involves a single contractor to handle the entire renovation process, including planning to the end, has become popular because it offers an opportunity to simplify the project implementation process and also coordinate the various activities of the stakeholders. The turnkey project model enables investors to assign the technical and operational features to specialized contractors without altering the investment structure and the predictable project results [7, 4].

Cost and schedule management are the most important elements of successful turnkey renovation projects. Renovation upgrades are usually time-sensitive since any project overruns or budget increase may result in a substantial decrease in anticipated monetary gains. Reports on construction management have recorded that lack of proper planning and coordination usually results in huge cost increases and schedule overruns on construction activities [17]. Effective cost management will

make sure that spending on renovation will not exceed the budgets of the planned ones and effective time management will make sure that a project is completed within the expected time, allowing the utilization of the property or it will be rented faster. Moreover, the combination of the project scheduling methods and resource allocation approaches can enhance the efficiency of operations and mitigate uncertainty in working on the project [11, 21]. Time and cost optimization methods are thus becoming more and more significant in the management of construction and renovation projects [14]. Even though turnkey renovation strategies have its benefits, there are a number of challenges in the creation of renovation investment cycles. Renovation projects usually imply complicated workflows, the inability to predict the construction of the existing buildings, the changeable prices of materials, and the collaboration of other technical experts. Such factors may cause the inefficient use of resources, project delays, and the rising costs. Moreover, project managers have to regularly distribute scarce resources to various activities in the process of balancing financial and operation limitations [2, 13]. It is hard to organize construction activities with financial investment planning because of lack of flexible and integrated planning frameworks and this fact may have a negative impact on the efficiency of renovation projects and investment performance in general.

The other issue is based on the wider investment cycle that is involved with the real estate renovation projects. Residential property renovation is commonly a financial process that includes several steps such as capital placement, renovation operation and generation of revenue by selling or renting the property. These cycles of investments should be managed effectively and efficiently to achieve sustainable economic returns and maximum value of real estate assets [8]. It has been found that the renovation activities have a strong potential to boost the property value and provide renovation premiums in the housing markets, which makes the renovation-based investment strategies of more interest to investors [18]. Nevertheless, poor cost control and long project life could decrease profitability and increase the payback period of invested funds. The research issue that is sought in this research is due to the lack of systematic and integrated model that would be able to optimize the cost and time scale of the turnkey apartment renovation projects and considers the dynamics of the renovation investment cycles. Despite the fact that current studies present some useful approaches to the topic of project scheduling, resource management, and investment efficiency, they are frequently considered individually,but not as a system of managing projects [9, 10]. As a result, the renovation projects can be associated with disjointed decision-making processes that hamper the capacity of investors and project managers to deliver the best project results.

The objective of the research is to design a rational method of cost and time optimization in turnkey apartment renovation projects as well as enhance the management of the renovation investment cycles. The study will aim at identifying the major factors that can affect the performance of any project and coming up with a systematic structure of the project to enhance the performance of a renovation project by considering building project management principles, cost optimization strategies, and investment planning.

In this regard, the study does have multiple objectives. To begin with, it analyses the structural features, and the operational phases of turnkey apartment renovation projects. Second, it examines the patterns of cost distribution and schedule of the renovation activities. Third, it explores the correlation between the project time, resources spending, and the renovation investment patterns. Lastly, the research will suggest an optimization framework that can be used to improve the cost-efficiency and shorten the duration of the projects in the case of renovation-based investment in real estate. The study area is the turnkey apartment renovation projects in the background of residential real estate investment. The study mainly covers the association between cost management of project, timeline efficiency and performance of investment cycles. Nevertheless, the research is not studying mega buildings or global macroeconomic issues that influence the property market. Moreover, the analysis is constrained by the data of project and case examples, which can affect a wider applicability of the suggested optimization method. Regardless of these shortcomings, the study offers useful information on how to make renovation investment management more efficient as well as help establish more systematic approaches to planning on the residential property renovation project.

2. LITERATURE REVIEW

The trend toward renovation of residential real estate markets has gained more scholarly and professional interest. Renovation projects have been well-known as one of the most effective methods to enhance the worth of housing stock, their energy efficiency, and functionality as well as to prolong the life of residential buildings. With the urban housing markets growing, and the quantity of new land offered to developments dwindling, renovation-based investment solutions have grown more evident in most countries [16]. Specifically, turnkey renovation models have proven to be a viable remedy to investors who desire to have their projects managed easily and their success in redeveloping their properties being predictable. Turnkey renovation projects in residential real estate are those projects that entail the complete restoration of an apartment or residential unit by a single contractor who does the planning, procurements, constructions, and delivery of the completed property. This will simplify the complexity of having to coordinate several

contractors and allow the investors to make financial decisions rather than technical project assembly. Studies indicate that the implementation of turnkey contracts models may greatly increase the success of the project coordination and project efficiency in energy renovation programs, particularly when combined with the centralized service platforms [4]. Equally, literature on renovation business models highlights the contribution of integrated service professionals to achieve deep renovation processes and enhance the scalability of renovation investments [4]. Such combined solutions make work on projects more efficient and predictable results of the renovation.

Another essential aspect of the renovation project success is the cost management. Construction projects will be prone to unknown structural situation, repair expenses and changing material prices which may result in overruns in the budget unless they are well controlled. A successful cost management involves proper planning, cost estimation and constant monitoring of the project life cycle. The value of optimization strategies in minimizing unwarranted expenditures without compromising the quality and performance standards of a project has been mentioned by previous studies [9]. Furthermore, the complex systems such as infrastructure and energy-related projects are also becoming supported by technological and analytical tools to optimize costs [5]. These methods illustrate the increased importance of evidence-based decision-making in cost efficiency enhancement in renovation and construction projects. The optimization of the project schedule and times is also relevant to guaranteeing the success of renovation investments. Construction and renovation is an undertaking that usually entails many tasks that have to be well coordinated to prevent delays and inefficiency. Lack of proper scheduling may lead to wastage of resources, prolonged project schedules and high operational expenses. Project management studies have thus paid a lot of attention to resource-constrained scheduling problems and development of mathematical models that enhance planning of project and allocation of resources [11]. More sophisticated scheduling techniques, such as the mixed-integer optimization models and multi-skilled resource planning techniques have been put forward to improve the accuracy of scheduling and project efficiency [13, 21]. Duration cost trade off analysis has also been extensively used in construction operation to establish the best project schedules that are both time efficient and cost effective [14].

The other significant part of the renovation project is management of investment cycles connected with redevelopment of the property. Renovation-related investments are multi-process and include the capital allocation, renovation execution and monetary gains in the form of sales of the property or the rental income. Management of these investment cycles is important to ensure that the

investment performance is maximized and the financial risk minimized. According to the investment cycle theory, the time of investments and time spent on the project implementation have a huge impact on the overall profitability of the real estate investment [8]. Moreover, empirical studies have shown that renovation activities may bring about high-premiums of property values in housing markets supporting the economic appeal of renovation-based investment strategies [18]. Meanwhile, the green renovation that is carried out to enhance energy efficiency and environmental performance has become a central concern in the context of real estate investments [20, 22]. Environmental and financial investment decisions influence project performance and long-term sustainability of renovation-based real estate projects [23]. The currently used optimization techniques in construction and project management can give useful information on how to enhance performance of renovation projects. Complex issues in resource allocation, scheduling, and cost management are based on optimization techniques that are widely utilized to address complex decision-making. As one example, it is demonstrated that mathematical optimization and simulation models are used in construction operations so as to find the best combinations of time and cost parameters [14]. Similarly, the studies on project scheduling have considered superior optimization models with the ability to manage uncertainty, flexibility of resources, and multi-project settings [2]. These models show how analytical and computational techniques can enhance the decision making in construction project management.

Regardless of the increasing literature in renovation investment, cost optimization and schedule of projects, there are still a number of significant gaps in the literature. Numerous researches can be found on the specifics of renovation management, including cost management, techniques of scheduling or the performance of investments, but these facts are not combined into a single system. Specifically, little research work has focused on working with cost optimization, project time and renovation investment cycle dynamics in turnkey residential renovation projects. Due to this, investors and project managers tend to lack detailed equipment to manage the renovation projects in a manner that would maximize the performance of the operations as well as the financial returns. This gap shows that systematic approach is required that combines the project management principles with investigation of investment cycles as a way of enhancing efficiency and profitability of turnkey apartment renovations projects.

Figure 1: Conceptual relationship between renovation project management components and investment cycle performance

3. RESEARCH METHODOLOGY

This section provides the research methodology, data collection processes and methods of data analysis to be applied in investigating the cost and timeline optimization of turnkey apartment renovation projects. The proposed methodology will be focused on the systematic study of the structure of renovation projects and revealing the shortcomings in the organization of cost and schedule aspects, as well as establishing an optimization system that will help to organize the process of investing in structures better. The study is based on an analytical and applied research design which combines a qualitative and quantitative research. The analytical element aims at analyzing the operational and financial nature of the renovation projects whereas the applied element seeks to build a workable optimizing framework that can be applied in the actual renovation investment. This design will enable the study to incorporate theoretical learning as provided by construction project management and investment analysis with practical learning as provided by renovation projects. Analytical studies are the most frequent types of research in construction management related to assessing the cost efficiency and project performance and working on the enhanced planning strategies [11, 13].

Primary and secondary sources were used to get data on the study. Primary data shall consist of the project-level data of renovation costs, costs breakdown, labor and work schedule, project completion schedule, which will be taken to the

chosen apartment renovation projects. The sources of secondary data are academic publications, industry reports, and case studies that were documented in the past concerning construction management, renovation investments, and schedule of the project. The sources offer theoretical and empirical backgrounds to comprehending cost structures and scheduling issues in renovation projects. The forging of several data sources enhances the validity of the analysis and allows considering the renovation project performance comprehensively. Renovation projects were selected to analyze them with the help of certain criteria that formed the criteria aimed at guaranteeing the relevance and comparability of the data. The study targets the projects that are on turnkey apartment renovation initiatives which entail entire renovation undertakings of a contractor. The projects that were considered in the dataset should have well-documented cost frameworks, project schedules, and recognizable phases of the renovation work. Other selection factors were the size of the project, financial records available and similar renewal construction that occur in different projects. These criteria make sure that the projects chosen correspond to the situations of typical renovation in the residential real estate investment.

Table 1: Criteria for the Selection of Renovation Projects

Criterion	Description	Purpose
Project Type	Turnkey apartment renovation	Ensures consistency in project management structure
Project Documentation	Availability of cost and schedule records	Enables reliable cost and time analysis
Project Scale	Small to medium residential renovation projects	Reflects common real estate investment cases
Renovation Scope	Full apartment renovation including structural and finishing works	Allows comprehensive cost and timeline evaluation
Data Accessibility	Availability of financial and scheduling information	Ensures sufficient data for analytical modeling

Comparative and structural analysis methods were used to provide cost analysis, as well as time analysis. Cost analysis was aimed at measuring the allocation of cost in the various phases of the renovation which included demolition, structural modifications, installation, finishing, and final inspection. The timeline analysis was based on the time of phases of the project and the order of the renovation activities. The study determines inefficiencies in project coordination and allocation of resources by comparing actual execution timelines with planned schedules of project execution. The past studies on construction management focus on the role of costtime relationships analysis to detect the possibility of project efficiency improvement [17, 14].

The paper uses the analytical model and optimization concepts, which are widely applied in project management and operational research to support the optimization framework development. These models are used to trade the timeframe of projects, allocation of the resources, and cost-effectiveness. Models of resource-constrained scheduling and cost–duration optimization are also specifically applicable to the determination of the optimal project implementation approaches [21]. Moreover, the concepts of the cost optimization and the efficiency of the system help to define the opportunities to cut the unnecessary spending keeping the quality and performance of the project [9]. These analytical tools are incorporated in the methodological framework to come up with a systematic approach of renovating project performance. The analysis of the renovation investment cycles performed through the integration of cost analysis, timeline assessment, and optimization modeling provides the study with a systematic approach to the analysis of the renovation investment cycles and provides the means of enhancing the operational efficiency and the financial performance of the investments [12].

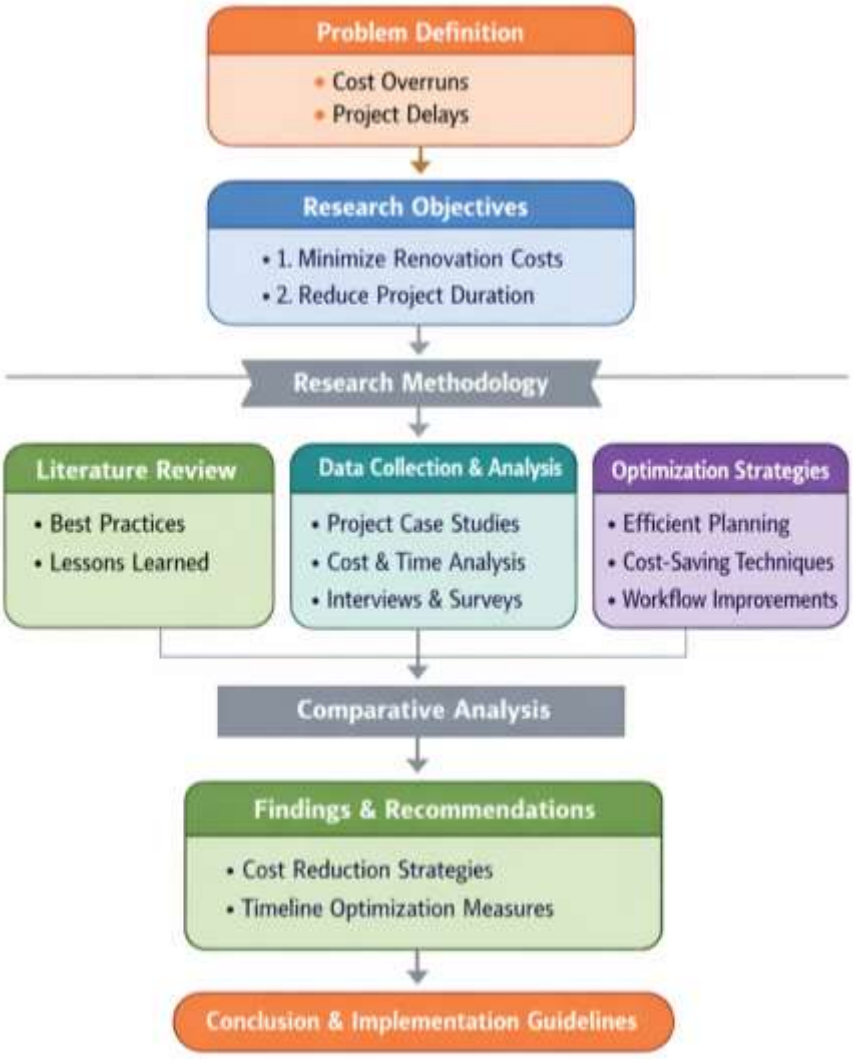


Figure 2: Research methodology framework for analyzing cost and timeline optimization in turnkey apartment renovation projects

4. STRUCTURE OF TURNKEY APARTMENT RENOVATION PROJECTS

Turnkey apartment renovation projects are designed in such a way that they offer complete ready-to-use residential unit and all the aspects of the renovation process will be controlled by one contractor. The model eases the process of coordinating a project as planning, procurement, execution, and delivery are all handled by one organization and makes the multi-contractor arrangement not as complex as it can be [7]. Such projects normally have a series of steps, with the first stage being assessment, demolition and structural alteration, installation of mechanical, electrical, and plumbing systems, interior finishing, and final inspection

and handover. All the stages need to be well coordinated to make sure that resources, both human and material are effectively distributed and project milestones are met within the scheduled time. Turnkey renovation projects have cost structures intricately attached to the turnkey renovation sequence and complexity of activities. The mechanical systems and structural changes usually take the major share of the project costs and the rest of the money is used on finishing work like painting, flooring and cabinetry. The efficient management of costs demands under thorough planning of resource allocation, the time when the company will make purchases, and contingency budgeting to cover the unpredictable conditions, which are typical of the existing residential buildings [5, 9]. As a matter of fact, cost management is only successful through not only initial estimation but also through continuous monitoring and control systems during the renovation process.

Timeline management is also vital in turnkey renovation projects since the duration of the project has a direct impact on the returns and cash flow of investments made. Slowdown in any step of the project may ripple on in the next stage, which will take a longer time to complete and incur higher labor and materials expenses. Sequencing of tasks, assigning buffers and coordinating subcontractors are the key strategies of reducing delays. It has been demonstrated that sophisticated scheduling techniques, such as resource-constrained project scheduling and simulation techniques have been effective towards enhancing project efficiency and minimizing risks of time overruns [11, 14]. Quality control and regulatory conformity are also incorporated in turnkey renovation projects wherein quality control and regulatory compliance are established at each level with the view of making sure that contractual obligations and investor expectations are met upon final delivery. The single contractor model also enables centralization in its oversight and this enables faster decision making and simplified communication among stakeholders. This type of structure, however, must also have strong project management skills since the contractor takes the entire responsibility of operation implementation and management of the cost. In general, the knowledge of the arrangement of turnkey apartment renovation projects such as the distribution of costs, schedule, and sequence of the processes is the key to the creation of the frameworks aimed at the optimization of the project performance and investment results.

5. OPTIMIZATION FRAMEWORK FOR COST AND TIMELINE MANAGEMENT

The optimization framework, which took place in this research, is the main contribution of the research and will work on enhancing the efficiency of the turnkey apartment renovation in terms of the manner in which the cost orders are managed, the scheduling strategies, and the consideration of the investment cycle. Renovation

works are often inefficient with a lack of cohesive decision-making as a result of numerous decision-makers dealing with the cost control, the timeline, and investment planning separately instead of having them integrated into a unified management strategy. The suggested framework will solve this problem by integrating analytical cost analysis, resource-constrained scheduling methods, and investment cycle analysis into a single framework that can be used to facilitate more intelligent project planning and execution. The same optimization strategies have been used in construction management works to enhance the ratio between the project duration and the total cost efficiency [14,11]. The optimization framework is designed with the arrangement of multiple stages depending on the principal steps of management of renovation projects. The initial step entails identification of the project parameters such as the estimated cost to renovate, availability of resources, time taken to complete the tasks and financial limitations. The second phase is dedicated to task dependency analysis and theoretical sequencing of renovation operations with the aim to detect possible scheduling conflicts, as well as the efficiency of these operations. The third step involves optimization methods whereby alternative ways of executing the project are evaluated and the most efficient combination of scheduling and cost distribution strategy established. Such a systematic method allows the project managers and investors to evaluate the possible effects of various planning decisions prior to projects implementation.

There are a number of important variables that affect the cost and time of renovation projects and hence are the core of the optimization process. These variables will be the labor productivity, costs in materials, project complexity, availability of resources and long duration of single renovation activities. The variation in these variables may have serious impacts on the performance of projects and financial results. To illustrate, the lack of availability of skilled labor can make the project more costly in terms of time and labor, whereas the unpredictable structural repairs can make the material costs and construction schedules more costly. The studies in construction management have established that these variables should be correctly identified and monitored to enhance the accuracy of the project schedule as well as cost control [17, 21]. The framework has integrated various strategic solutions to enhance a better way of executing the project to enhance efficiency in terms of scheduling and costs. Applying resource-constrained scheduling techniques is one of the strategies that guarantee effective distribution of available labor and materials on the renovation activities. The duration-cost trade-off analysis is another strategy that determines whether speeding up some of the project activities with the help of the extra resources can shorten the total project time without causing a significant growth in the total costs. Also, this can be through constant observation of the project progress so that the project managers can notice

any possible delay and cost variations at an early stage, which will then be corrected promptly. The strategies are beneficial to minimize inefficiencies and enhance the reliability of the outcomes of the renovation project.

One of the main characteristics of the suggested framework will be a combination of practices in project management and the consideration of the investment cycle. The traditional approaches of project management tend to be more oriented on operational efficiency whereas the investment management in terms of financial performance and payback. The framework that has been developed in this paper is able to bridge these two views by connecting the decisions on scheduling of projects with the financial objectives of the renovation-based real estate investments. Planning the renovations by synchronizing the renovation time line with the investment cycle planning would enable the investor to realize the investment in the property in a shorter time benefiting the entire investment. This coordinated strategy makes sure that renovation projects are not handled just based on an operational angle but also based on finances thus improving the project efficiency in the end [15].

6. APPLICATION OF THE OPTIMIZATION APPROACH

In order to assess the feasibility of practicality of the proposed optimization framework, the study uses the model to assess the selected turnkey apartment renovation projects based on empirical project data. The analysis of case studies is one of the most common practices in research on construction management to confirm the theoretical research and prove the relevance of the models in practice in real projects [17]. The empirical research is based on a group of residential renovation projects which are similar in nature with regard to the project scope, size and structure of operations. These projects include fully renovating apartments that are within turnkey contracts and one contractor undertakes the planning, procurement, construction, and final delivery of the unit that is being renovated. The chosen projects involve renovation works like the demolition of the old buildings, the mechanical and electrical systems as well as interior finishing and the checks before the utilization or sale of the property. The optimization strategy was carried out in such a way that the initial data gathered was in regards to the cost of projects, duration of tasks, distribution of labor and project scheduling. Based on this information, the suggested framework was utilized to examine the chain of renovation processes and define how the tasks could be coordinated and their resources distributed to enhance the process. The priority of the sequence of renovation activities was optimized using resource-constrained scheduling methods and cost-duration trade-off analysis was used to evaluate the possibility of the allocation of extra resources to particular project stages to reduce the project duration without substantially raising the total cost of the project. They are common

optimization methods applied to construction project planning to enhance the efficiency of the project and resource utilization [11,14].

The optimized renovation plans were to be compared with the initial project schedules and cost structures that were determined through the traditional renovation management techniques in order to check the effectiveness of the proposed framework. Customary project management routines are often based on sequential planning techniques and set budget provisions which are not always sufficient to embrace the connection amongst resource constraints, task dependencies, and budgetary goals. The optimization framework, in its turn, analyses a variety of project situations and determines the most efficient combination of scheduling and cost allocation approaches. This comparative analysis gives a vivid evaluation of the outcome of the optimized approach as compared to the traditional project planning processes. Findings of the empirical analysis reveal quantifiable improvements in cost efficiency of the project and performance of the project schedule. Optimized scheduling in some scenarios shortened the duration of the project by reducing the idle times between the renovation activities and also enhanced the coordination between the subcontractors. More effective spending of resources and better sequencing of the renovation work saved costs because of fewer wastes of labor as well as material. Moreover, the presence of shorter project periods also led to a better performance of the investments since it was possible to utilize the property faster than to spend on holding costs in case of renovation investments.

Table 2: Comparative Performance Analysis of Conventional and Optimized Renovation Project Management

Project	Conventional Duration (weeks)	Optimized Duration (weeks)	Conventional Cost (€)	Optimized Cost (€)	Duration Reduction	Cost Reduction
Project A	12	10	52,000	49,500	16.7%	4.8%
Project B	10	8.5	45,000	42,800	15%	4.9%
Project C	14	11.5	60,000	56,900	17.9%	5.2%

7. DISCUSSION

As it has been discovered in the present research, cost management, scheduling techniques, and consideration of investment cycles are essential in managing turnkey renovation of apartments. The empirical findings prove that the use of a structured optimization model can make a considerable contribution to the efficiency of projects by minimizing unnecessary spending and lessening the

renovation time scales. These findings support the increasing research on construction management that highlights the significance of planning and resource allocation to project coordination to enhance project performance [11,21]. The proposed framework is capable of delivering a structured method of dealing with the frequent inefficiencies in the execution of renovation projects by identifying some of the crucial variables that affect the cost and the time taken. The research thus adds to the improvement of project management practices by showing how the more efficient planning and decision making in residential renovation projects can be contributed by the application of analytical optimization techniques [19].

In terms of project management, the results indicate that the renovation projects can be positively influenced by the integrated approach to planning in terms of simultaneous accounting of time limitations, availability of resources, and financial goals. Conventional renovation management practices tend to assume project schedules which are fixed and budgeting which are also fixed and thus are not able to adequately capture uncertainties and interdependencies among project activities. The optimization model that is provided in the current research supplies more flexible and analytical planning process that enables project managers to assess alternative execution plans and choose the most effective one. This methodology is in line with past research that identified the usefulness of optimization methods and advanced scheduling algorithms to enhance the organization of project activities and reduce delays [13,14]. Consequently, the framework could be used as an effective decision-support tool by the project managers wishing to make the planning of renovation projects more efficient and reliable.

The research is also valuable in the eyes of real estate investors who use renovation as a way of adding value to their property and to make financial profits. The optimization framework enables investors to enable faster returns realization of renovated properties by reducing the project time, and increasing cost-efficiency. The shorter renovation period will lower the holding costs and will enable the properties to be rented or sold faster and hence enhancing the overall performance of the investment venture. Past studies have revealed that even renovation activities may result in high property value premiums in the housing markets especially when renovation projects are executed efficiently and in harmony with the market demand [18]. Inclusions of considerations of the investment cycle in the proposed framework also add more practical value to it because it connects the decision of operation project management with the wider financial planning goals.

In spite of such contributions, the suggested framework also possesses some limitations that may be mentioned. To begin with, the empirical study is founded on a relatively small amount of renovation case studies, which can have an impact on the generalizability of the results to the other forms of construction or large-scale

development projects. Second, the framework is based on the accessibility of the correct project data, such as cost estimation, information on resources allocation, and activity time frames. Practically, the results of optimization can be not reliable in the case of incomplete or inaccurate information. Moreover, construction projects that concern renovation typically have uncertainties associated with the state of structures and with regulatory provisions that can not be fully reflected by modeling. Future studies may broaden the framework to include more probabilistic risk analysis, simulation method, or bigger quantities of data in an attempt to enhance its resilience and its application in a variety of renovation settings.

8. CONCLUSIONS

This paper looked at the cost and time optimization in turnkey apartment renovation projects in a bid to enhance better management of renovation investment cycles. Through the structural features of the renovation projects, allocation of costs in each stage of the renovation process, and schedule of the renovation activities, the research presented the important factors that affect the project efficiency and financial performance. The results show that inefficiencies tend to be present in renovation projects because of the lack of coordination and unification in the planning process as well as the lack of coordination in the resources and the lack of a system of cost and scheduling management. The study has shown that both the cost efficiency and the project duration of a renovation-based real estate investment can be substantially enhanced through a systematic planning and analytical analysis of the variables affecting the project through the creation and use of an optimization framework in the study. The findings of the research indicate a number of significant findings. To begin with, the analysis shows that cost and time are inextricably correlated elements in the renovation projects, and the better scheduling is the more efficient the project will be in terms of cost savings. Second, the empirical case study demonstrates that resource-constrained scheduling and duration-cost trade-off analysis application can result in quantifiable decreases in the project duration and moderate project renovation spending. Third, the research proves that incorporating investment cycle consideration in the project planning helps the investors to more appropriately align the renovation activities with financial goals and enhances the economic performance of the renovation projects. The results can be compared to the existing literature on construction project management as it states the significance of optimization methods and systematic planning in enhancing project results [14, 11].

In practical sense, the study is beneficial in the area of renovation investment management. The identified optimization framework is a structured way of managing the improvement of the planning and implementation of turnkey apartment renovation projects, which can be used by project managers, contractors,

and real estate investors. Through tools of analytical analysis of the project variables and estimation of the alternative scheduling and cost options, the framework assists in making more informed decisions and mitigating risks of the budget overruns and project delays. Moreover, financial planning combined with operational project management will make sure that the renovation process is correlated to bigger investment purposes, and investors will still reap capital quicker and better ROI. On the whole, the results of the research prove the efficiency of the offered method of optimization to enhance the operational and financial results of the restorative projects. The framework does not only increase the effectiveness in the process of executing the project, but also leads to the formulation of more sustainable and economically viable renovation investment strategies. Even though the model should be improved by additional studies conducted to evaluate its suitability to various construction settings, the research is a useful starting point of further research on integrated project optimization in residential real estate renovation.

References:

1. Aciu M. Public investment efficiency and its impact on sustainable economic development. European Journal of Economic Dynamics and Policy. 2025;1(1):7–11. URL: http://nordascend.com/index.php/ejedp/article/view/7

2. Aghileh M., Tereso A., Alvelos F., Lopes M.O.M. Multi-project scheduling with uncertainty and resource flexibility: a narrative review and exploration of future landscapes. Algorithms. 2025;18(6). DOI: 10.3390/a18060314

3. Beras M., Stępień K., Kovačič M., Župerl U. Achieving maximum smart readiness indicator scores: a financial analysis with an in-depth feasibility study in non-ideal market conditions. Buildings. 2025;15(11). DOI: 10.3390/buildings15111839

4. D'Oca S., Ferrante A., Veld P.O., Peraudeau N., Peters C., Pernetti R., Decorme R. Exploitation of business models for deep renovation. Proceedings. 2019. DOI: 10.3390/proceedings2019020011

5. Dellaly M., Skander-Mustapha S., Slama-Belkhodja I. A digital twin model-based approach to cost optimization of residential community microgrids. Global Energy Interconnection. 2024;7(1):82–93. DOI: 10.1016/j.gloei.2024.01.00

6. Djelić V., Kern I., Peršin Z., Ocepek M. Trends in hydropower. Journal of Energy. 2021;70(2):17–23. DOI: 10.37798/202170255

7. Donati E., Charlier D. Sustainable real estate in France: impact of one-stop shop and turnkey contract models on energy efficiency. Lecture Notes in Computer Science. 2026;15889:410–428. DOI: 10.1007/978-3-031-97603-2_26

8. Dzikevičius A., Vetrov J. Investment portfolio management using the business cycle approach. Business: Theory and Practice. 2013;14(1):57–63. DOI: 10.3846/btp.2013.07

9. Hallmann M., Schleich B., Wartzack S. From tolerance allocation to tolerance-cost optimization: a comprehensive literature review. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020;107(11-12):4859–4912. DOI: 10.1007/s00170-020-05254-5

10. Peng Hu And, N. Su. Cost Optimization in Cloud Computing / N. Su. Peng Hu And // International Journal of Performability Engineering. – 2026. – Vol. 22, No. 1. – P. 1. – DOI 10.23940/ijpe.26.01.p1.19. – EDN NJFBAJ.

11. Khajesaeedi S., Sadjadi S.J., Barzinpour F., Moghaddam R.T. Resource-constrained project scheduling problem: review of recent developments. Journal of Project Management. 2025;10(1):1–26. DOI: 10.5267/j.jpm.2024.12.002

12. Kim H.H., Maurer R., Mitchell O.S. Time is money: rational life cycle inertia and the delegation of investment management. Journal of Financial Economics. 2016;121(2):427–447. DOI: 10.1016/j.jfineco.2016.03.008

13. Klein N., Gnägi M., Trautmann N. Mixed-integer linear programming for project scheduling under various resource constraints. European Journal of Operational Research. 2024;319(1):79–88. DOI: 10.1016/j.ejor.2024.06.036

14. Ko Y., Ngov K., Choi H., Han S. Duration-cost optimization in earthmoving operations using NSGA-II and simulation techniques. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 2025. DOI: 10.1080/13467581.2025.2472726

15. Koul S., Arora M. Coping with capacity expansion: Go-Goal Hydro's panache. Emerald Emerging Markets Case Studies. 2012;2(2):1–7. DOI: 10.1108/20450621211228392

16. Kovalivska S., Shcherbyna A., Nikolaiev V. Intensification of investment in the renovation of residential real estate in the context of the sustainable development goals. Baltic Journal of Economic Studies. 2020;6(5):184–195. DOI: 10.30525/2256-0742/2020-6-5-184-195

17. Lee K.W., Kim K.H. Analyzing cost and schedule growths of road construction projects considering project characteristics. Sustainability. 2021;13(24). DOI: 10.3390/su132413694

18. Mamre M.O., Sommervoll D.E. Coming of age: renovation premiums in housing markets. Journal of Real Estate Finance and Economics. 2024;69(2):307–342. DOI: 10.1007/s11146-022-09917-w

19. Meneiluik A., Nikiforov A. Knowledge management by construction management template for sustainable entrepreneurship. Organization, Technology and Management in Construction. 2022;14(1):2601–2615. DOI: 10.2478/otmcj-2022-0005

20. Okunevičiūtė Neverauskienė L., Tvaronavičienė M., Linkevičius D. Energy efficiency, CO2 emission reduction and real estate investment in Northern Europe. Buildings. 2025;15(7). DOI: 10.3390/buildings15071195

21. Snauwaert J., Vanhoucke M. Multi-skilled resource-constrained project scheduling problem. European Journal of Operational Research. 2023. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.05.049

22. Triantafyllopoulos N. Investigating energy renovation of multi-owner buildings. Sustainability. 2024;16(7). DOI: 10.3390/su16072903

23. Yang L., Qin H., Xia W., Gan Q., Li L., Su J., Yu X. Resource slack and enterprise environmental investment. Journal of Cleaner Production. 2021;309. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127339

УДК 793.31(477.61)

Черепаха Д. Г.
Луганская государственная академия культуры и искусств имени Михаила Матусовского, Луганск

ТАНЕЦ КАК НЕВЕРБАЛЬНЫЙ КОД КУЛЬТУРЫ: ОТРАЖЕНИЕ «ДУХА» ЛУГАНЩИНЫ В ХОРЕОГРАФИЧЕСКОМ ИСКУССТВЕ

Аннотация. В статье рассматривается хореографическое искусство как специфическая знаково-символическая система, выполняющая функцию трансляции культурных кодов этноса. Особое внимание уделяется феномену невербальной коммуникации, посредством которой происходит объективация «духа» народа, его ментальных установок и ценностных ориентиров. На примере хореографической традиции Луганщины анализируется процесс формирования региональной идентичности, закрепленной в пластических образах, рисунке танца и элементах костюма. Делается вывод о том, что танец выступает не просто формой досуга, а важнейшим инструментом сохранения и актуализации культурного наследия в контексте государственной культурной политики.

Ключевые слова: невербальная коммуникация, танец, культурный код, хореографическое искусство, региональная идентичность, Луганщина, семиотика.

Актуальность обращения к хореографической традиции Луганщины продиктована необходимостью осмысления культурной специфики региона, обладающего уникальным пограничным положением и богатой историей заселения. Полиэтничный состав, в основе которого лежат восточнославянские (русские, украинцы) и южнорусские (казачество) компоненты, сформировал особый тип регионального самосознания, нашедший свое выражение, в том числе, и в пластических формах народного творчества. Понимание танца как «души народа» требует перевода этой метафоры в строго научную плоскость семиотики и культурфилософии. Цель данной работы — выявить и проанализировать основные невербальные коды, репрезентирующие «дух» Луганщины в региональном хореографическом искусстве, а также определить их роль в сохранении культурной идентичности [1].

В истории культуры танец всегда выполнял функцию, выходящую за пределы простого развлечения. В архаических обществах он был способом связи с сакральным, инструментом инициации и средством поддержания социальной солидарности. Как отмечают исследователи, ритуальный танец способствовал становлению коллективного бессознательного, формируя единый ритм существования общины. С точки зрения семиотики, танец

представляет собой систему знаков, где каждый жест, поза или перемещение в пространстве наделены определенным значением. Хореографический текст — это последовательность таких знаков (па, движений, поддержек), организованная по законам ритма и композиции. В отличие от бытового жеста, танец представляет собой эстетически преображенное, обобщенное и стилизованное выражение эмоции или идеи. Можно утверждать, что танец является невербальным воплощением тех смыслов, которые в иных условиях требуют развернутого вербального высказывания [2].

К ключевым невербальным компонентам танца, несущим культурную нагрузку, относятся: кинетика (лексика и техника движений), проксемика (пространственный рисунок, перемещения танцоров), семантика костюма и его аксессуаров, а также ритмическая структура, связывающая танец с музыкой и, шире, с трудовыми и природными циклами. «Дух» Луганщины, находящий свое отражение в танце, сформирован под влиянием нескольких факторов. Во-первых, это географическое положение на стыке двух восточнославянских культур — великорусской и малороссийской. Во-вторых, ключевую роль сыграла история заселения края, неотъемлемой частью которой является культура донского казачества. Именно казачий компонент стал доминирующим в формировании особого типа ландшафта и, соответственно, типа телесности, закрепленного в танце.

Степные просторы, вольнолюбивый дух казачьей вольницы, военный уклад жизни — всё это нашло отражение в пластике. Для традиционной хореографии региона характерны широта движения, удаль, сочетание лихого пляса с моментами глубокого лиризма. Переселенцы из центральных губерний России и слободской Украины привносили свои танцевальные традиции, которые на новой почве синтезировались, образуя уникальный сплав. Как справедливо отмечается в региональных исследованиях, народная хореография Луганщины вобрала в себя как черты русской пляски, так и особенности украинского танца, породив самобытные формы, бытующие вплоть до настоящего времени [3].

Как отмечает Григорян М.Ю., анализ репертуара самодеятельных и профессиональных хореографических коллективов Луганщины позволяет выявить устойчивый комплекс знаков, который может быть интерпретирован как «региональный культурный код». В рисунке танца часто воспроизводятся геометрические формы, имеющие древнюю семантику: круг (символ солнца, единства, оберега), линия («стенка» как символ боевого братства), «прочес» (имитация движения казачьей лавы). Эти пространственные структуры не являются случайными; они восходят к архетипическим представлениям о мироустройстве. Лексика (словарь танца) мужского исполнения строится на

демонстрации силы, ловкости и удали. Присядка, «хлопушки», прыжки и вращения — это не только виртуозная техника, но и символический код, указывающий на готовность к защите родной земли, на высокий статус воина-защитника в иерархии ценностей. Женская партия, напротив, отличается плавностью, величавостью, акцентированной гордой осанкой. Она репрезентирует образ Матери, хранительницы очага, Родины, что особенно актуализируется в произведениях, посвященных малой родине [1].

Важную смысловую нагрузку несет костюм. Традиционные для региона крой и цветовая гамма не просто являются эстетическим оформлением, но выступают маркерами идентичности. В условиях Луганщины это проявляется в сочетании элементов казачьего костюма (бешмет, папаха, широкие шаровары с лампасами) с общеславянскими чертами в женской одежде, что визуально закрепляет культурный синтез [4].

В настоящее время вопросы сохранения нематериального культурного наследия приобретают особую значимость. Хореографическое искусство выступает одним из главных хранителей и трансляторов этнокультурных кодов. В Луганской Народной Республике, как и в иных субъектах Российской Федерации, действуют государственные программы, направленные на поддержку и развитие народного творчества. Основы государственной культурной политики, закрепленные в соответствующих нормативно-правовых актах (Указ Президента РФ «Об утверждении Основ государственной культурной политики»), подчеркивают необходимость сохранения единого культурного пространства и поддержки многообразия национальных культур.

Деятельность хореографических коллективов Луганщины — как любительских, так и профессиональных — вносит существенный вклад в реализацию этих задач. В их репертуаре находят место как реконструированные образцы традиционной пляски, так и современные стилизации, основанные на региональном материале. Популяризация народного танца, участие в фестивалях и конкурсах различного уровня (от региональных до всероссийских) способствуют не только сохранению, но и актуализации культурного наследия, передаче его новым поколениям. Проведение тематических концертов и фестивалей патриотической направленности, где танец становится языком любви к отчизне, наглядно демонстрирует воспитательный и объединительный потенциал хореографии [5].

Подводя итоги, можно констатировать, что танец в культуре Луганщины представляет собой не просто совокупность движений под музыку, а сложную знаковую систему — невербальный код, в котором зашифрована историческая память, система ценностей и мироощущение народа. «Дух» региона,

формировавшийся веками на пограничье культур, в условиях казачьей вольницы и напряженного труда, находит свое адекватное выражение в пластике: широте и удали мужской пляски, величавости и лиризме женского танца, в особом рисунке хороводов и плясовых композициях. Сохранение и развитие этого уникального кода является важнейшей задачей не только для деятелей искусства, но и для системы образования и культурной политики в целом. Изучение танцевального фольклора, его научная рефлексия и сценическая интерпретация позволяют поддерживать связь поколений и укреплять региональную идентичность, что в конечном итоге работает на сохранение общенационального культурного суверенитета.

Список источников:

1. Григорян М.Ю. Бальная хореография Луганщины: история и современность: направление подготовки 52.04.01 "Хореографическое искусство": ВКР / М.Ю. Григорян. – Луганск: [б. и.], 2024. – 80 с.
2. Мациевский И.В. Вклад А.А. Соколова в становление отечественной этнохореологии / И.В. Мациевский // Вестник Академии Русского балета им. А.Я. Вагановой. – 2018. – № 1. – С. 108–113.
3. Очерки истории культуры Луганщины: монография / ЛГИКИ; ред.: В.Л. Филиппов, И.Н. Цой. – Луганск: Шико, 2012. – 237 с.
4. Потёмкина О. Хореографическое искусство Луганщины. XX столетие: монография / О. Потёмкина. – Луганск: [б. и.], 2021.
5. Хорькова В.М. Хореографические репрезентации сказов П.П. Бажова: в поисках региональной идентичности / В.М. Хорькова // Документ. Архив. История. Современность. Выпуск 25: сборник статей / под ред. Л.Н. Мазур. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2025. – С. 16–23.

УДК 368.92:331.106

Гончаренко У. А.
Научный руководитель: Силенко А. Н., к.т.н.
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ПРОГРАММЫ ДОБРОВОЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена анализу стратегических и организационных аспектов проектирования и выбора программы добровольного медицинского страхования (ДМС) для IT-компании. Рассматриваются ключевые этапы внедрения ДМС, включая формирование критериев выбора страховой организации, сравнительный анализ страховых компаний и применение метода интегральной оценки. Особое внимание уделяется влиянию программы ДМС на мотивацию, лояльность сотрудников и снижение кадровых рисков.

Ключевые слова: добровольное медицинское страхование, управление персоналом, мотивация сотрудников, корпоративные программы, страховые компании, HR-стратегия.

В современных условиях развития экономики и системы здравоохранения внедрение добровольного медицинского страхования становится неотъемлемой частью стратегии управления персоналом в организациях. ДМС обеспечивает сотрудников дополнительной защитой в области медицинских услуг, что способствует повышению уровня их удовлетворенности работой и, как следствие, увеличению производительности труда [6]. Внедрение ДМС рассматривается как часть комплексной системы управления человеческим капиталом, направленной на повышение его эффективности, что находит отражение в современных работах по управлению персоналом [2]. Современные исследования подчеркивают, что развитие человеческого капитала является ключевым фактором устойчивого развития промышленных предприятий [5], а формирование кадрового потенциала выступает инструментом трансформации бизнеса [4]. Внедрение ДМС в этом контексте приобретает стратегическое значение, выходя за рамки социального пакета.

В работе рассматривается процесс внедрения программы ДМС в IT-компанию «Альфа». Основное внимание будет уделено этапам реализации, включая анализ текущей ситуации в области медицинского обслуживания сотрудников, выбор страховой компании, разработку и внедрение программы ДМС, а также оценку ее эффективности.

ДМС – добровольное медицинское страхование, предоставляющее доступ к медицинским услугам на условиях договора с медицинской страховой компанией, что позволяет получить качественную помощь в выбранных клиниках, как дополнение или альтернативу ОМС (обязательному медицинскому страхованию). Если юридическое лицо решает обеспечить своих сотрудников медицинской страховкой, то заключает со страховщиком договор добровольного медицинского страхования. Документ составляют в пользу третьих лиц — работников. Для сотрудников условия ДМС фиксируют в программе страхования, которую страховая компания обычно отправляет каждому сотруднику [6].

IT-компания «Альфа» – организация, основанная в 2015 году и занимающиеся по разработке программного обеспечения, создание CRM-систем и ERP-решений для среднего бизнеса. Общая численность сотрудников составляет 150 человек куда входят технические специалисты (разработчики, аналитики, тестировщики), прочие отделы (маркетинг, продажи, бухгалтерия, HR, административный персонал) и проектные менеджеры.

Для компании «Альфа» были выделены четыре этапа внедрения программы добровольного медицинского страхования: подготовка к внедрению ДМС, исследование рынка страховых компаний, разработка внутренней документации и информированию сотрудников, запуск и сопровождение. В данной научно-исследовательской работе анализируется второй и третий этапы.

Второй этап внедрения программы добровольного медицинского страхования (ДМС) носит аналитико-стратегический характер и направлен на выбор оптимального страхового партнёра, программа которого будет максимально соответствовать выявленным на подготовительном этапе потребностям сотрудников и стратегическим целям компании. Данный этап можно структурировать по следующим ключевым блокам:

1. Формирование критериев отбора и пула страховщиков. На основе данных социологического портрета сотрудника и анализа операционных рисков (текучесть кадров, больничные) формируется техническое задание (ТЗ) для страховых компаний. Критерии включают:

· Содержательные: соответствие программы ожиданиям сотрудников (наличие педиатрии, семейных консультаций, стоматологии, широкой сети клиник).

· Финансовые: стоимость полиса на одного сотрудника, прозрачность тарифной политики, возможность масштабирования и гибкого управления бюджетом.

· Операционные: качество сервисного обслуживания (скорость оформления полисов, работа контакт-центра, удобство онлайн-сервисов), опыт работы с IT-сектором, репутация и финансовая устойчивость страховщика.

2. Сбор и сравнительный анализ коммерческих предложений. Проводится запрос предложений у 3-5 ведущих страховых компаний, представленных на корпоративном рынке ДМС. Каждое предложение оценивается по балльной шкале, что позволяет перейти от субъективных оценок к количественному сравнению [2, 3].

3. Принятие решения и заключение рамочного соглашения. По результатам сравнительного анализа выбирается 1-2 компании-финалиста. С ними проводятся детальные переговоры для уточнения условий и корректировки программы. Ключевым результатом этапа является заключение рамочного договора добровольного медицинского страхования между компанией «Альфа» и страховщиком. Данный документ определяет общие условия сотрудничества, права и обязанности сторон, а также служит основанием для разработки итоговой страховой программы.

Проведен комплексный анализ страховых медицинских организаций (СМО) для выбора партнёра по внедрению программы добровольного медицинского страхования в компании. Анализ будет построен на основе структурированных критериев, актуальных для корпоративного заказчика. Для объективного сравнения СМО предлагается использовать систему взвешенных критериев, сгруппированных по ключевым блокам:

Таблица 1. Критерии выбора страховой медицинской организации

Блок критериев	Критерий	Вес	Описание
Финансовые и юридические	Финансовая устойчивость (рейтинг)	20%	Наличие высокого рейтинга
	Соответствие законодательству	10%	Наличие лицензии, отсутствие судебных споров с клиентами
Программные и сервисные	Гибкость и полнота программы	25%	Возможность кастомизации (модули: стоматология, педиатрия, телемедицина)
	Качество медицинской сети	20%	Широта покрытия (федеральные/ региональные клиники), уровень клиник (ведущие медцентры)
	Сервисное обслуживание	15%	Скорость подключения, работа кол-центра, онлайн- сервисы (запись, чат)
Корпоративный опыт	Опыт работы с IT-сектором	10%	Наличие кейсов внедрения ДМС в IT-компаниях

Таблица 2. Сравнительный анализ ведущих СМО на рынке корпоративного ДМС

Страховая компания	Финансовая устойчивость	Гибкость программ	Медицинская сеть	Сервис	Опыт в IT-секторе
«АльфаСтрахование»	Высокая	Высокая (модульная система)	Широкая федеральная сеть, включая премиальные клиники	Онлайн-кабинет, чат, мобильное приложение	Значительный, есть специализированные IT-пакеты
«Ингосстрах»	Высокая	Средняя (пакетные решения)	Собственная сеть клиник + партнерские	Традиционный сервис, развитый кол-центр	Средний, в основном крупный корпоративный сектор
«РЕСО-Гарантия»	Высокая	Высокая (индивидуальный подбор)	Умеренная сеть, акцент на регионах	Умеренный онлайн-сервис	Опыт есть, но не специализирован на IT
«СОГАЗ»	Высокая (высокие рейтинги)	Средняя (стандартные пакеты)	Очень широкая сеть (государственные и частные клиники)	Умеренный сервис	Большой опыт в госсекторе и промышленности
«ВТБ Страхование»	Высокая (поддержка банка)	Высокая (интеграция с фин. продуктами)	Развитая сеть, включая цифровые сервисы	Современный цифровой сервис	Акцент на цифровизацию

Для количественной оценки страховых компаний применяется метод интегрального взвешенного оценивания:

Для обеспечения объективности выбора страховой компании применяется метод интегральной взвешенной оценки.

Расчет интегрального показателя осуществляется по формуле:

$I = \Sigma (wi \cdot xi)$, (1)

где:

wi — вес i-го критерия (таблица 1),

xi — оценка страховой компании по i-му критерию,

n — количество критериев.

Расчет проводится по каждому страховщику:

Пример расчета для компании «РЕСО-Гарантия»:

$I = (0{,}20 \cdot 8) + (0{,}10 \cdot 8) + (0{,}25 \cdot 9) + (0{,}20 \cdot 7) + (0{,}15 \cdot 7) + (0{,}10 \cdot 6) = 7{,}7$

Для наглядного представления результатов расчёта сформирована таблица 3 интегральной оценки страховых компаний.

Таблица 3. Расчет интегральной оценки страховых компаний

Компания	Фин. уст. (0.2)	Закон (0.1)	Гибкость (0.25)	Сеть (0.2)	Сервис (0.15)	Опыт (0.1)	Итог
АльфаСтрахование	9	9	9	9	9	8	8.95
ВТБ Страхование	9	9	8	8	8	7	8.15
РЕСО-Гарантия	8	8	9	7	7	6	7.7
СОГАЗ	9	9	6	9	6	7	7.65
Ингосстрах	9	9	6	8	7	7	7.45

Результаты расчёта интегральных оценок представлены на рисунке 1.

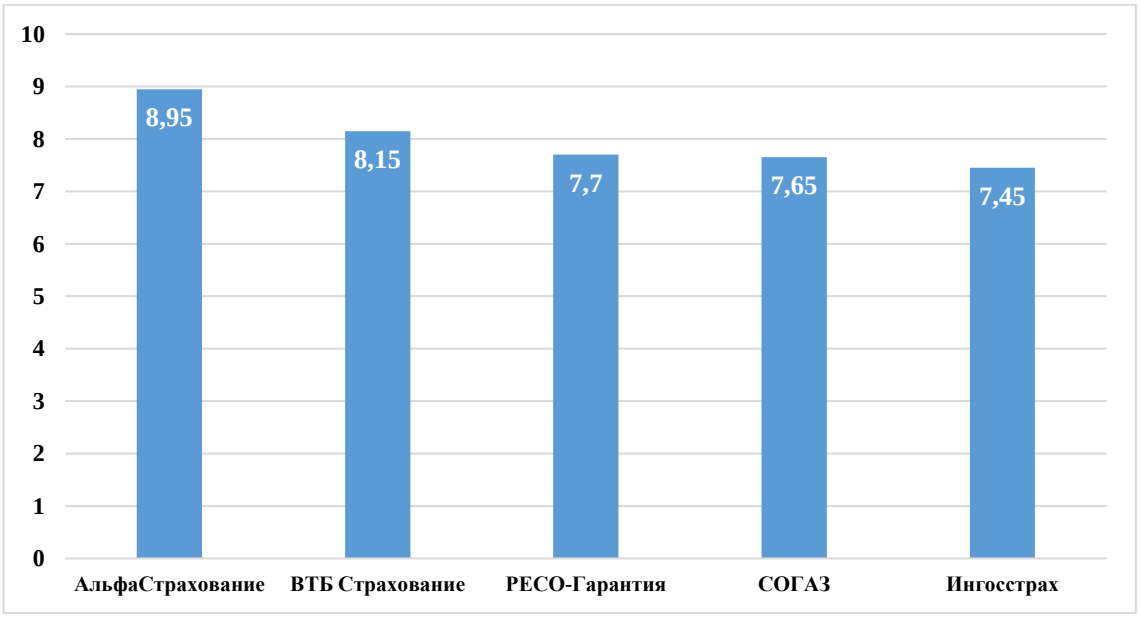


Рисунок 1. Сравнительная диаграмма страховых компаний по интегральной оценке

На основе проведённого многофакторного анализа страховых медицинских организаций для компании «Альфа» — IT-предприятия численностью 150 человек, с высоким уровнем текучести кадров (25%) и выраженной потребностью сотрудников в семейно-ориентированных медицинских услугах — наилучшим вариантом представляется выбор в пользу страховой компании «РЕСО-Гарантия». Однако полученные значения свидетельствуют о том, что наибольший интегральный показатель имеет компания «АльфаСтрахование», однако выбор в пользу «РЕСО-Гарантия» обусловлен оптимальным соотношением стоимости, гибкости и соответствия потребностям компании.

Данное решение обосновано совокупностью критериев, наиболее соответствующих стратегическим целям проекта внедрения ДМС: снижение операционных рисков, повышение лояльности персонала и оптимизация затрат:

1. Оптимальное соотношение «цена — качество — гибкость».

В отличие от премиальных страховщиков («АльфаСтрахование»), чьи программы характеризуются высокой стоимостью, и от классических игроков («Ингосстрах», «СОГАЗ»), предлагающих менее гибкие пакетные решения, «РЕСО-Гарантия» демонстрирует конкурентное преимущество в возможности индивидуального проектирования программы. Это критически важно для «Альфы», так как социологический портрет сотрудника (женщина 36-45 лет, имеющая детей) требует включения в базовый полис таких модулей, как педиатрия и семейные консультации, без существенного удорожания общей стоимости программы.

2. Соответствие выявленным потребностям и управленческим рискам.

Ключевой риск «Альфы» — потеря высококомпетентных специалистов (стаж более 10 лет) при высокой текучести. Исследования в области классификации IT-специалистов показывают, что эффективное управление данной категорией персонала требует учёта их социально-личностной компетентности и индивидуальных мотивационных профилей [17]. Программа ДМС в этой ситуации выступает не просто социальной льготой, а инструментом удержания. «РЕСО-Гарантия» обладает подтверждённым опытом разработки адресных программ для среднего бизнеса, что позволяет создать целевое предложение для ключевых специалистов (например, расширенная стоматология или check-up диагностика), не распространяя его на весь персонал, что обеспечивает адресность инвестиций в человеческий капитал [1].

3. Стратегия управляемого внедрения и минимизации рисков.

Для компании, внедряющей ДМС впервые, важен не только стартовый пакет, но и потенциал для масштабирования и коррекции программы. «РЕСО-Гарантия» предлагает более прозрачные и адаптивные условия договора по сравнению с крупными федеральными игроками. Это позволяет запланировать пилотный запуск программы (например, для отдела разработки) с последующей её корректировкой на основе обратной связи и данных об использовании, а затем — масштабированием на всю компанию. Такой итеративный подход снижает финансовые и репутационные риски неэффективного внедрения.

4. Экономическая эффективность (расчёт потенциального ROI).

При средней рыночной стоимости корпоративного полиса ДМС среднего уровня около 30-40 тыс. руб. в год на сотрудника, общие годовые затраты для «Альфы» составят порядка 4,5-6 млн рублей. Ожидаемый экономический эффект может быть оценен косвенно:

Снижение затрат на замену одного ключевого специалиста (рекрутинг, адаптация, потеря производительности) оценивается в 1-1,5 годовых оклада (от 2 млн руб. и выше). Сохранение даже 2-3 специалистов в год за счёт повышения лояльности полностью окупает программу.

Сокращение экономических потерь от больничных. При средней продолжительности больничного 5-7 дней и средней дневной стоимости труда IT-специалиста улучшение доступности медицины может сократить длительность нетрудоспособности, что даёт прямую финансовую экономию.

Рекомендуемая модель реализации с «РЕСО-Гарантия» включает в себя следующие этапы:

Этап 1: Разработка гибридной программы.

Базовый модуль для всех сотрудников: амбулаторно-поликлиническая помощь, неотложная стоматология, скорая помощь.

Опционный модуль для сотрудников с семьями/ключевых специалистов: педиатрия, семейный врач, расширенная стоматология, ежегодная check-up диагностика.

Этап 2: Заключение договора с опцией пересмотра.

Включить в договор пункт о ежегодном пересмотре программы на основе:

- Данных от страховщика об использовании полисов.
- Результатов внутреннего опроса удовлетворённости сотрудников (eNPS).
- Динамики ключевых кадровых показателей (текучесть в целевых группах, количество дней на больничном).

Этап 3: Поэтапное масштабирование.

Начать внедрение с наиболее критичного с точки зрения текучести департамента (например, разработки), отработать процессы коммуникации и сервиса, после чего распространить программу на всю компанию.

Таким образом, внедрение программы добровольного медицинского страхования в IT-компании Альфа представляет собой стратегически важный шаг, направленный на повышение уровня удовлетворенности и мотивации сотрудников. Проведенный анализ потребностей работников, а также оценка существующих программ ДМС на рынке, позволили разработать рекомендации, которые учитывают как индивидуальные предпочтения сотрудников, так и общие цели компании.

Программа ДМС не только способствует улучшению здоровья и благополучия сотрудников, но и усиливает корпоративную культуру, формируя атмосферу заботы и поддержки. В условиях высокой конкуренции на рынке труда, наличие качественного медицинского страхования становится важным фактором привлечения и удержания талантливых специалистов.

Реализация предложенных рекомендаций позволит компании Альфа не только повысить уровень лояльности сотрудников, но и улучшить общую производительность и эффективность работы команды. Таким образом, инвестиции в программу ДМС могут рассматриваться как стратегическое вложение в будущее компании, способствующее ее устойчивому развитию и конкурентоспособности.

Выбор «РЕСО-Гарантия» для компании «Альфа» представляет собой сбалансированное стратегическое решение, позволяющее достичь целей проекта по удержанию персонала и повышению производительности труда при управляемом уровне затрат. Данный вариант оптимально сочетает необходимую гибкость, экономическую целесообразность и минимальные операционные риски, что соответствует принципам эффективного управления человеческим капиталом в условиях цифровой экономики. Последующий этап — разработка детального бизнес-кейса и модели оценки эффективности (ROI) для мониторинга результатов внедрения программы ДМС.

Список литературы:

1. Гусева, А.И. Решение задачи классификации IT-специалистов на основе модели социально-личностной компетентности / Гусева А.И., Киреев В.С., Силенко А.Н. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2023. Т. 21. № 2. С. 97-102.

2. Жусупова, Г. М. Роль подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в современных условиях функционирования социально-экономических институтов / Г. М. Жусупова, А. Н. Силенко // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 5. – С. 131-133.

3. Кириллов, М. В. Роль системы независимой оценки квалификации в повышении эффективности управления персоналом / М. В. Кириллов, Н. С. Мажуга, А. Н. Силенко // Научный аспект. – 2024. – Т. 9, № 6. – С. 1021-1038.

4. Котов, Е.Ю. Влияние человеческого капитала на развитие экономики и ресурсной базы промышленного развития / Котов Е.Ю., Силенко А.Н. // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 4. С. 222-226.

5. Котов, Е.Ю. Развитие кадрового потенциала промышленных предприятий как инструмент трансформации бизнеса / Котов Е.Ю., Силенко А.Н. // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 7. С. 146-149.

6. Финансирование здравоохранения: проблемы и перспективы: Материалы круглого стола, Тамбов, 05 апреля 2022 года / Ответственный редактор Н.И. Дорожкина. – Тамбов: Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 2022. – 94 с.

УДК 33:004.8

Данич В. Н., Коваленко Т. И., Чаленко В. В., Родионов И. А.
Луганский государственный университет имени В. Даля, Луганск, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В ПРОИЗВОДСТВЕ, ТОРГОВЛЕ И ЛОГИСТИКЕ

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты применения технологии цифровых двойников в промышленном производстве, логистике и управлении цепями поставок. Приводятся эффекты практической применения цифровых двойников на нескольких промышленных объектах, принадлежащих российским кампаниям. Обозначается связь технологии цифровых двойников с другими современными цифровыми технологиями. Выделяются ключевые факторы необходимые для успешного создания цифровых двойников. Выявляются препятствия для их широкого внедрения в российскую хозяйственную практику.

Ключевые слова: цифровой двойник, имитационное моделирование, складская логистика, промышленное производство, розничная торговля.

Концепция цифровых двойников, формализованная в начале 2000-х годов, в настоящее время переживает этап активного теоретического осмысления и практического внедрения в различных секторах российской экономики. Как отмечает А.П. Тяпухин, цифровой двойник представляет собой виртуальную копию физического объекта, процесса или системы, которая не только отражает их текущее состояние, но и позволяет моделировать сценарии поведения, прогнозировать изменения и оптимизировать параметры функционирования. В развитие данного определения исследователь выделяет три базовых компонента цифрового двойника: объект ценности (то, на что направлено управленческое воздействие), систему управления (совокупность методов и инструментов воздействия) и собственно цепь (последовательность взаимосвязанных процессов) [3].

Рынок цифровых двойников демонстрирует устойчивый рост, а все большее число российских компаний либо уже используют данную технологию, либо планируют ее внедрение в ближайшей перспективе [1; 9].

Предприятия стремятся в современных динамичных условиях производить комплексный анализ теоретических подходов и практических аспектов реализации цифровых двойников в трех взаимосвязанных сферах: промышленном производстве, логистике и управлении цепями поставок [5,6].

Промышленный сектор исторически стал пионером в применении технологии цифровых двойников, что объясняется высокой сложностью

производственных процессов, значительной стоимостью простоев оборудования и существенным потенциалом оптимизации. Немаловажно и участие персонала в данном процессе [5]. Фундаментальное исследование В.В. Клочая, В.Е. Селезнева и С.Н. Шушурина представляет научно-прикладные основы создания и промышленного применения цифровых двойников в металлургии и тяжелом машиностроении. Авторы вводят понятие виртуальных испытательных стендов как инструментальной среды для реализации наукоемких технологических процессов на уникальном промышленном оборудовании [1].

Ключевыми инструментами решения производственных задач в рамках данного подхода выступают рекурсивное задействование численного аналитико-имитационного моделирования повышенной точности и численная оптимизация облика и поведения цифровых двойников в специально созданной компьютерной среде научно обоснованной виртуальной реальности [5].

Практическая реализация описанных теоретических подходов находит подтверждение в опыте российских промышленных предприятий. Внедрение цифровых двойников на Челябинском цинковом заводе позволило обрабатывать более 1,5 млн параметров в сутки и на основе интеграции с системами 1С: ТОиР и SAP ежесуточно корректировать планы ремонтных работ, что обеспечило сокращение незапланированных ремонтов на 21% и снижение затрат на запасные части и инструменты на 9%. На объектах «Газпром нефти» в Ямало-Ненецком автономном округе применение системы анализа состояния турбин с использованием тепловизионных дронов и моделей искусственного интеллекта позволило выявлять аномалии за четыре дня до потенциального критического отказа и сократить среднюю продолжительность незапланированного простоя на 2,8 часа на каждую единицу оборудования. Лебединский горно-обогатительный комбинат внедрил гибридную систему обслуживания по фактическому состоянию и по наработке, что позволило отказаться от 18% регламентных технических обслуживаний и сэкономить до 35 млн рублей в год [2].

Логистика и управление цепями поставок представляют собой сферу, где цифровые двойники демонстрируют высокую эффективность благодаря возможности оптимизировать материальные потоки, складские операции и транспортные маршруты [4]. Однако важно учесть и их энергопотребление. Система ИИ и цифровых двойников очень энергозатратна [6]. Исследование Ю. Алтуниной, А. Колодочкина, И. Евграфовой и А. Евграфова раскрывает результаты создания имитационной модели технологических процессов на складе. Методологической основой исследования выступили методы структурного анализа и синтеза, позволившие установить все ключевые объекты и характеристики бизнес-процессов на складе. На этой основе была создана модель поведения объектов и с использованием методов имитационного

моделирования разработан цифровой двойник технологических процессов, который позволил провести эксперименты по формированию концепции оперативного управления соответствующими процессами без рисков для реального объекта, что особенно значимо в условиях динамично меняющейся внешней среды [10].

Теоретическое осмысление проблематики цифровых двойников в управлении цепями поставок представлено в работах А.П. Тяпухина и его соавторов. Монография А.П. Тяпухина и В.С. Стародубцева посвящена методологии цифровизации управления цепями поставок и ориентирована на формирование компетенций, необходимых для разработки проектов и технических заданий на создание цифровых программных продуктов, включая цифровые двойники управления данного типа [9].

В статье А.П. Тяпухина и Д.А. Старкова уточняется и дополняется процессный подход к управлению цепями ценности и поставок, ориентированный на создание цифровых двойников, моделирование и разработку управленческих решений, отличающихся минимальной упущенной выгодой. Авторы обосновывают варианты взаимодействия нефизических (виртуальных) и физических (реальных) объектов управления, уточняют сущность и дополняют содержание процессного подхода к управлению, определяют компоненты и процессы создания и использования цифрового двойника управления цепями ценности и поставок, а также уточняют функции владельцев процессов, использующих данный цифровой двойник [8].

Торговля и, в частности, розничная торговля представляют собой сферу, где применение цифровых двойников сопряжено со специфическими вызовами, связанными с необходимостью оцифровки поведенческих факторов покупателей в физическом пространстве [4]. Розничная торговля в России демонстрирует умеренный уровень внедрения технологий искусственного интеллекта (19,2% компаний), что вдвое ниже среднемирового показателя. Сдерживающими факторами выступают сложность оцифровки действий покупателей и высокая стоимость комплексных решений, включающих компьютерное зрение, датчики интернета вещей и аналитическое ядро [2].

Тем не менее, концепция цифрового двойника типа «ценность – система управления – цепь» позволяет моделировать не только материальные потоки, но и процессы создания ценности для конечного потребителя, что имеет прямое отношение к задачам повышения лояльности клиентов и оптимизации ассортиментной политики актуальным в сфере розничной торговли [3].

Рассмотренные источники позволяют выделить ключевые факторы, определяющие успешность проектов по созданию цифровых двойников. Прежде всего, это наличие четкой методологической базы, позволяющей формализовать

объекты управления и связи между ними. матричный и процессный подходы создают необходимую основу для проектирования цифровых двойников управления цепями ценности и поставок. Во-вторых, критическое значение имеет интеграция цифровых двойников с источниками операционных данных – ERP-системами, MES-системами, IoT-платформами. В-третьих, необходима ориентация на решение конкретных бизнес-задач – сокращение простоев, оптимизацию затрат на техническое обслуживание и ремонты, повышение скорости обработки заказов.

Несмотря на позитивную динамику развития технологии, ее широкое распространение в России сталкивается с рядом вызовов. В их числе – дефицит квалифицированных кадров, способных разрабатывать и эксплуатировать сложные имитационные модели; необходимость значительных первоначальных инвестиций; сложность интеграции разнородных информационных систем, накопленных на предприятиях в течение длительного времени. В торговле дополнительным барьером выступает высокая стоимость комплексных решений и сложность оцифровки поведенческих факторов покупателей.

Список литературы:

1. Клочай В.В., Селезнев В.Е., Шушурин С.Н. Цифровые двойники в металлургии и машиностроении. Технологии создания и реализации на производстве: монография. – Москва: МАКС Пресс, 2025. – 415 с.

2. Компьютерное зрение, цифровые двойники, роботы в процессах планирования ТОиР на предприятиях ТЭК, горно-металлургического комплекса и машиностроения // Блог компании Сеймартек. – 2025. – 21 июля. – URL: https://blog.seymartec.ru/2025/07/21/computer-vision-digital-twins-robots-in-maintenance-planning-processes/ (дата обращения: 19.03.2026).

3. Обоснование структуры прототипа цифрового двойника управления цепями на основе матричного подхода // Институт экономики УрО РАН. – 2022. – 20 сентября. – URL: https://uiec.ru/news-20092022/ (дата обращения: 19.03.2026).

4. Родионов А.В. Влияние геополитических факторов на трансформацию региональных логистических систем / А.В. Родионов, Е.Р. Шугуров // Евразийское пространство: Экономика, право, общество, 2026 – № 2. – С. 54-57

5. Родионов А.В. Влияние глобальных экономических, информационно-технических процессов на рынок труда / А.В. Родионов // Вестник Донецкого национального университета Серия В. Экономика и право, 2018 – № 3. – С. 255-262.

6. Родионов А.В. Потенциал стратегии энергопотребления предприятия // ЭКОНОМИНФО, 2018 – № 2. – Т.15. – С. 34-39

7. Румянцев Е. Примеры инноваций в машиностроении – реальные кейсы и идеи // Pzmzavod. – 2025. – 8 сентября. – URL: https://pzmzavod.ru/tag/primery-innovacij/ (дата обращения: 19.03.2026).

8. Тяпухин А.П., Старков Д.А. Процессный подход к цифровому управлению цепями ценности и поставок // Управленческое консультирование. – 2025. – № 3. – С. 121-130. – EDN: ZEIJPB.

9. Тяпухин А.П., Стародубцев В.С. Методология цифровизации управления цепями поставок: монография. – Москва: РУСАЙНС, 2024. – 345 с.

10. Altunina Y., Kolodochkin A., Evgrafova I., Evgrafov A. Simulation modeling as a means of organizing technological processes in warehouse logistics // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 533. – 03001. – URL: https://paperity.org/p/325895521/simulation-modeling-as-a-means-of-organizing-technological-processes-in-warehouse (дата обращения: 19.03.2026).

УДК 338.48

Мусаева А. М.
Научный руководитель: Магомедов А. М., к.э.н., профессор
Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала, Россия

РАЗВИТИЕ СФЕРЫ УСЛУГ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Аннотация: в процессе глобальных экономических преобразований и постпандемического восстановления значение сферы услуг непрерывно возрастает как движущей силы экономического роста и повышения качества жизни населения. Для региона с высокой долей молодёжи и интенсивными внутренними миграционными потоками, каким является Республика Дагестан, развитие сервисного сектора обретает стратегическую важность в рамках социально-экономической политики. Цель данного исследования – изучить динамику и структурные преобразования в сфере платных услуг населения Республики Дагестан в период 2022–2025 годов, определить ключевые тенденции, а также очертить перспективы дальнейшего развития сервисного сектора с учётом процессов цифровизации, демографических характеристик и региональной инфраструктурной стратегии. Результаты анализа статистических данных продемонстрировали устойчивый рост объёма платных услуг за пятилетний период. Максимальный подъём наблюдался в областях цифровых услуг, почтовой и курьерской связи, туризма и санаторно-курортного обслуживания. Отмечено усиление роли малого и среднего предпринимательства в формировании рынка сервисных услуг, а также активизация цифровой трансформации в бытовых и социальных услугах. Сфера услуг в Республике Дагестан демонстрирует устойчивую постпандемическую динамику, однако сохраняются структурные дисбалансы – преимущественное развитие традиционных видов услуг и недостаточная диверсификация сектора. Для обеспечения устойчивого развития необходимо продолжать внедрение цифровых технологий, поддерживать предпринимательскую инициативу и развивать кадровый потенциал в сервисных отраслях.

Ключевые слова: сфера услуг, платные услуги, Республика Дагестан, постпандемическая экономика, цифровизация, малый бизнес, социальная сфера, региональное развитие.

Введение. Современные тенденции в потреблении, возникающие на фоне повышения уровня жизни и изменения потребительских приоритетов, сопровождаются значительным ростом важности услуг в удовлетворении потребностей человека. Отмеченное изменение происходит благодаря нескольким факторам.

Во-первых, благодаря высокому уровню развития сферы материального производства население получает доступ к полному ассортименту товаров при уменьшении количества людей, задействованных в производстве этих товаров.

Во-вторых, новое представление о качестве и уровне жизни включает такие аспекты, как здоровье, питание, жилье, имущество, одежда и обувь, услуги, культурные развлечения, условия труда, условия отдыха, социальное обеспечение, социально-бытовые условия и многие другие [5, с.117].

Наличие услуги формирует рынок услуг, который формировался и развивался с развитием услуги как таковой. Мировой рынок услуг прошел несколько этапов развития, на которые повлияли многие факторы. При этом начиная с 1930-х годов услуги в отдельных странах мира стали главным объектом обмена товаров и денег благодаря разрыву между сферой услуг и материальным производством [9, с.148]. Это привело к быстрому росту сферы услуг.

В течение длительного периода в нашей стране и ее регионах рынок услуг развивался на основе плановой системы хозяйствования и финансирование от государства предоставлялось в ограниченном объеме. Только после установления рыночных отношений наблюдается бурное развитие рынка услуг, которое охватило все регионы страны и приобрело большую популярность. Этот процесс был в значительной степени обусловлен процессом трансформации национальной экономической модели в начале 1990-х годов [1, с.585].

Это развитие повлекло за собой появление новых видов услуг (финансово-кредитные, консалтинговые, аудиторские, брокерские и другие). Во-вторых, из-за сокращения государственного финансирования многие ранее бесплатные услуги (образование, здравоохранение, телевидение и т.д.) стали платными [2, с.107]. Еще одним важным фактором развития сферы услуг в России стало небольшое начальное инвестирование, что заложило основные тенденции его развития [7, с.162].

По современной структуре ВВП России выделяется быстро растущая доля сферы услуг. Крупнейшими секторами услуг в российских регионах являются торговля и ремонт автомобилей, транспорт и связь, финансовый сектор и кредитование. Также наблюдается быстрое развитие туристического сектора, бытовых услуг, услуг быстрого питания, строительных и ремонтных услуг, а также развлекательных и культурных событий [8, с.392].

Значимость изучения ключевых направлений развития сферы услуг в Республике Дагестан, являющейся одним из важнейших экономических секторов, объясняется усложнением технологий производства, насыщением товарных рынков, а также стремительным прогрессом науки и техники.

Всё это невозможно без эффективно функционирующего широкого рынка информационных, финансовых, транспортных, страховых и иных услуг.

Услуги выступают неотъемлемой частью сферы торговли, особенно когда речь идёт о сложных технически товарах, требующих развитой сети потребительских сервисов для их эксплуатации.

Современная экономика всё более и более смещается от модели, ориентированной на материальное производство, в сторону сервисно-ориентированной парадигмы.

В мировой практике доля сферы услуг в валовом внутреннем продукте развитых государств превышает 70%, а в развивающихся экономиках этот сектор становится локомотивом занятости и инновационного прогресса [4, с.586].

Для субъектов Российской Федерации, обладающих высоким потенциалом внутреннего спроса и молодой демографической структурой населения, таких как Республика Дагестан, развитие сервисного сектора приобретает исключительную значимость.

Актуальность темы обуславливается несколькими ключевыми факторами. Во-первых, пандемия COVID-19 оказала серьёзное воздействие на структуру и объёмы рынка услуг, особенно в сегментах, требующих физического присутствия потребителя – туризм, общественное питание, культура, спорт. Во-вторых, начиная с 2022 года, российская экономика столкнулась с новыми внешними вызовами, что привело к усилению роли внутреннего рынка и региональной автономии.

В этих условиях региональные власти и предпринимательские структуры активизировали усилия по диверсификации и модернизации сферы услуг.

Республика Дагестан, являясь одним из самых густонаселённых регионов Северного Кавказа, обладает значительным потенциалом для развития сервисных отраслей. Тем не менее, до недавнего времени сектор услуг оставался недооценённым с точки зрения инвестиционной привлекательности и уровня инновационного развития. Вместе с тем, данные за 2022–2024 годы свидетельствуют о заметных позитивных изменениях: значительный рост цифровых сервисов, развитие внутреннего туризма, оживление малого предпринимательства в бытовой и социальной сферах услуг.

Основная задача статьи – проанализировать современные тенденции развития сферы услуг в Республике Дагестан с учётом данных за 2022–2025 гг., выявить структурные особенности и сформулировать рекомендации по устойчивому развитию сервисного сектора. Исследование основано на официальной статистике Росстата, Дагестанстата, а также на теоретических положениях отечественных и зарубежных авторов, изучающих динамику рынка услуг.

Основная часть. Исследование статистической динамики сферы услуг в Республике Дагестан демонстрирует важные изменения за последние годы. Согласно отчётам Дагестанстата, после спада в 2020 году, вызванного введёнными ограничениями в период пандемии, объём платных услуг, оказываемых населению республики, начал уверенно восстанавливаться. Так, в 2021 году суммарный объём платных услуг достиг 131,3 млрд рублей (таб. 1).

Таблица 1. Объем платных услуг населению в Республике Дагестан

	Млн. рублей	В % к предыдущему году (в сопоставимых ценах)
2019	132 105,6	99,8
2020	123 584,7	89,3
2021	131 313,9	101,1
2022	163 514,4	112,8
2023	186 768,9	103,4
2024	208 071,8	102,6

Источник: Торговля и услуги: Дагестанстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://05.rosstat.gov.ru/torgovlya

Наряду с этим, в 2022 году тенденция роста сохранилась: показатель вырос до 163,5 млрд рублей, что составляет прирост 12,8 % в сопоставимых ценах по сравнению с 2021 годом.

В 2023 году объём увеличился до 186,7 млрд рублей, демонстрируя прирост на уровне 3,4 %, а к итогам 2024 года он уже достиг 208,1 млрд рублей, добавив 2,6 % относительно предыдущего периода. Из числа подсекторов платных услуг населению Республики Дагестан наиболее заметным является развитие нескольких направлений, которые демонстрируют динамичный рост и повышение востребованности.

Среди них выделяются бытовые услуги, которые, несмотря на свою традиционность, показывают устойчивую положительную динамику, увеличиваясь на 5,8 % в 2024 году.

Особенно активным стало развитие ремонтных работ с техникой, а также расширение онлайн-заказов услуг посредством различных агрегаторов.

Согласно статистике Дагестанстата, по состоянию на декабрь 2025 года объём предоставленных бытовых услуг вырос дополнительно на 22 % и составил 5 242,2 млн рублей.

Почтовые и курьерские услуги продолжают укреплять свои позиции: индекс физического объёма за 2024 год достиг 124,1 % по сравнению с 2023 годом, что напрямую связано с активным ростом электронной коммерции и совершенствованием логистической инфраструктуры в регионах Северного Кавказа, способствуя более оперативному и качественному обслуживанию.

Санаторно-курортный сегмент и оздоровительные услуги также показывают впечатляющий рост. В 2024 году индекс достиг 187,3 % к уровню 2022 года, а по отношению к 2019 году – возрос в 3,12 раза. [10]

Такое развитие объясняется внутренней переориентацией туризма в сторону отечественных направлений вместо зарубежных поездок, а также реализацией федеральных программ, направленных на развитие курортных точек Каспийского побережья.

Цифровые услуги и услуги в сфере информационных технологий продемонстрировали увеличение на 11,2 % в 2024 году.

Этот рост был обеспечен активным внедрением облачных технологий, развитием мобильного банкинга, а также цифровых платформ в таких важных сферах, как образование и здравоохранение.

В то же время сферы, связанные с массовым скоплением людей, такие как кинотеатры, театры, спортивные объекты, восстанавливаются более медленно и в 2024 году их объём услуг составил всего 92 % от докризисного уровня 2019 года.

Это связано с изменениями в потребительском поведении и продолжающимися последствиями пандемии.

Далее, подробно рассмотрим структурные особенности рынка услуг, основываясь на данных, отражённых на рисунке 1.

Распределение объёмов платных услуг в Республике Дагестан в 2025 году выглядит следующим образом:

- бытовые и ремонтные услуги занимают 23 % от общего объёма;
- транспортные и коммунальные услуги вместе составляют 39 % (с учётом такси, грузоперевозок, водоснабжения, электроэнергии);
- телекоммуникационные услуги занимают 9 %;
- туризм, гостиничное дело и сектор общественного питания составляют 6 %;
- финансовые, информационные и цифровые сервисы – 12 %;
- образовательные, медицинские и культурные услуги – 13 %. [10]

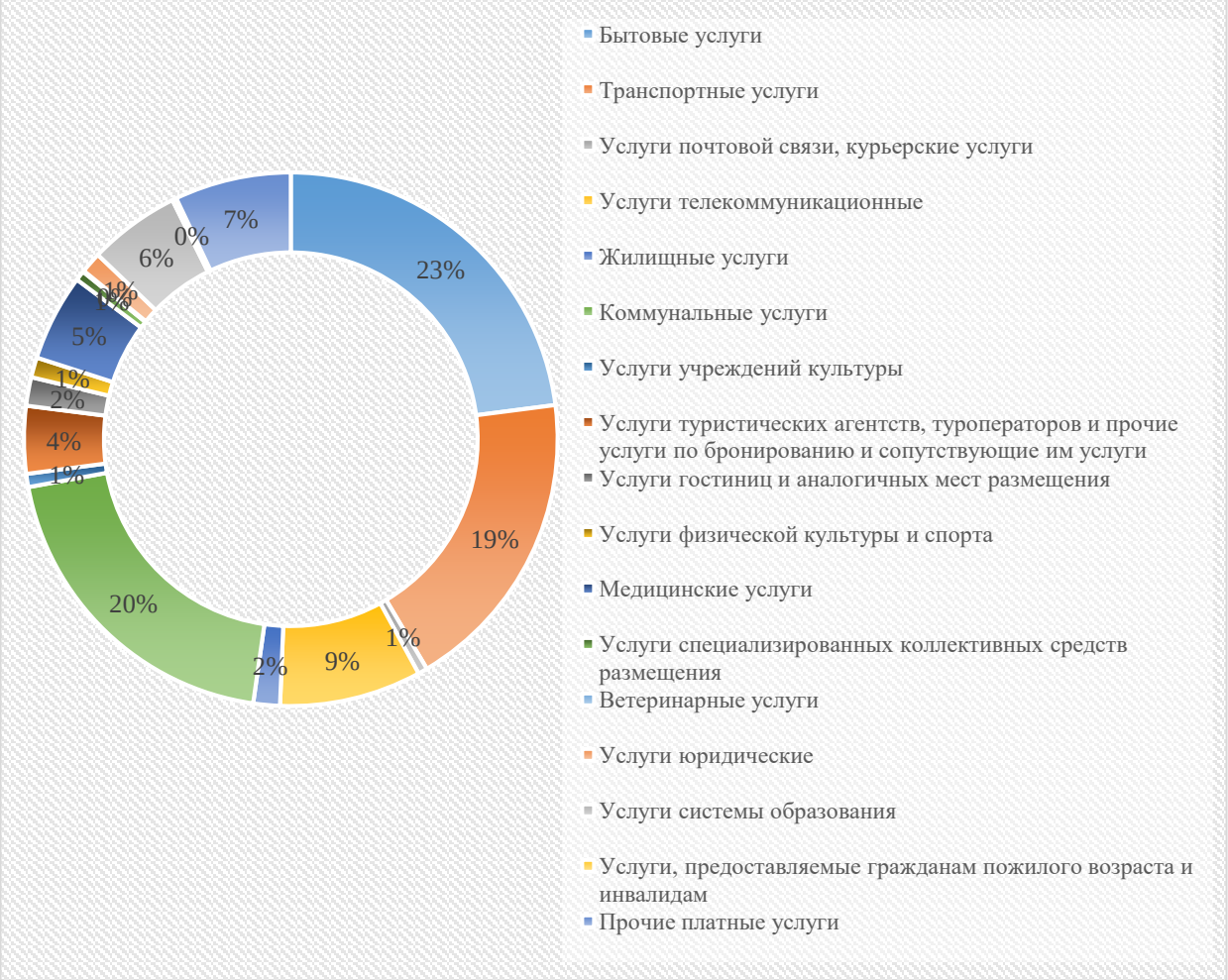


Рисунок 1. Структура платных услуг населению в Республике Дагестан по видам в 2025 г. (в % к итогу)

Следует отметить роль малого и среднего предпринимательства (МСП), которое обеспечивает около 67 % от общего объёма платных услуг, что подчёркивает его фундаментальную значимость для развития сервисного комплекса региона.

Поддержка МСП осуществляется посредством грантовой помощи, льготного кредитования и реализации инфраструктурных проектов, таких как создание бизнес-инкубаторов в крупнейших городах – Махачкале, Дербенте и Каспийске.

Такие меры способствуют не только расширению ассортимента, но и повышению качества предоставляемых услуг.

Одной из главных тенденций, проявившихся в период 2022–2025 годов, стало ускоренное внедрение цифровых технологий в сервисный сектор.

Доля онлайн-услуг в сферах жилищно-коммунального хозяйства, медицины и образования превысила коэффициент в 45 % к концу 2024 года.

Как пример, портал «Госуслуги. РФ» был глубоко интегрирован в систему регионального предоставления муниципальных услуг, а такие платформы, как «2ГИС», «Яндекс.

Услуги» и «Авито Услуги», стали ведущими каналами для поиска бытовых сервисов и услуг населению. [3, с.144]

Важное внимание уделяется повышению цифровой грамотности различных групп населения. В течение 2023–2024 годов в рамках национального проекта «Образование» и программ, реализуемых на базе Дагестанского государственного университета, проведено свыше 200 обучающих мастер-классов и семинаров, направленных на развитие цифровых компетенций среди предпринимателей и граждан пожилого возраста.

Несмотря на общий положительный тренд развития сферы услуг, отмечаются существенные территориальные различия по уровню развития и доступности сервиса.

Наиболее развитый и насыщенный рынок услуг сосредоточен в крупных городах: Махачкале, Дербенте и Каспийске, на которые приходится свыше 60 % от общего объёма платных услуг.

В то время как в горных и удалённых районах – таких как Цумадинский, Хунзахский и Ахвахский районы – доступ к качественному сервису остаётся ограниченным вследствие слабой инфраструктуры и невысокой плотности населения.

Для преодоления этих диспропорций требуется усилить меры, направленные на субсидирование транспортной и цифровой доступности, а также развивать мобильные формы обслуживания, включая выездные медицинские бригады, мобильные мастерские и дистанционное обучение.

Проведённый сравнительный анализ позиционирования Республики Дагестан на фоне других регионов России и зарубежных стран демонстрирует, что республика несколько отстаёт от среднероссийских показателей доли сферы услуг в структуре валового регионального продукта (около 48 % против 52 % в целом по РФ). Вместе с тем темпы роста сферы услуг в Дагестане превосходят уровень ряда постсоветских государств. [4, с.594]

Например, Республика Татарстан характеризуется более диверсифицированной и технологичной сферой услуг с развитым ИТ-сектором и применением умных сервисов (smart-сервисы).

Опыт таких стран, как Таджикистан и Беларусь, подчёркивает важность системной государственной поддержки в стимулировании развития социальной инфраструктуры и стандартизации услуг. [4, с.390]

Подводя итог, Республика Дагестан находится на этапе активной структурной модернизации сервисной отрасли.

Основными движущими силами данного процесса выступают внутренний спрос, цифровизация экономики и поддержка предпринимательской активности.

Заключение

Анализ развития сектора платных услуг на период 2019-2025 годов позволяет выделить несколько ключевых выводов. Прежде всего, постпандемическое восстановление сферы услуг происходит устойчиво и динамично, опережая темпы 2020–2021 годов. За последние три года объём оказанных платных услуг увеличился на 24,5 %, что отражает значительный внутренний потенциал рынка внутри региона.

Во-вторых, структура сферы услуг сохраняет традиционные особенности: доминирующую роль продолжают занимать транспорт, жилищно-коммунальные услуги, бытовой сервис и гостиничная деятельность.

Вместе с тем прослеживается начальный этап диверсификации сферы за счёт стремительного роста цифровых, логистических и оздоровительных сервисов, что создаёт предпосылки для формирования новых кластеров, включая цифровой туризм, гиг-экономику и платформенные бизнес-модели.

В-третьих, малый бизнес играет важнейшую роль в развитии сервиса региона, однако сталкивается с рядом вызовов: недостаток квалифицированных кадров, инфраструктурные проблемы в удалённых районах и низкая цифровая зрелость. Для решения этих вопросов требуется системная региональная политика, ориентированная на развитие профессионального образования, расширение цифровой инфраструктуры и всестороннюю поддержку предпринимателей.

В-четвёртых, сохраняющийся территориальный дисбаланс ограничивает доступность качественных услуг для значительной части населения.

Снижение этого разрыва возможно через развитие мобильных и дистанционных форм обслуживания, а также стимулирование инвестиций в инфраструктуру труднодоступных горных районов.

Наконец, нельзя не отметить уникальный культурный, исторический и рекреационный потенциал Республики Дагестан, который открывает широкие возможности для устойчивого развития туристической и гостиничной отрасли при условии их модернизации и адаптации к цифровой экосистеме.

Следовательно, дальнейшее развитие сферы услуг в Республике Дагестан должно строиться на фундаментальных принципах инклюзивности, цифровизации и диверсификации с особым акцентом на развитие человеческого капитала и учет региональных конкурентных преимуществ.

Такой комплексный подход позволит преобразовать сервисный сектор в стабильный источник экономического роста, способствующий улучшению качества жизни жителей региона.

Список литературы:

1. Горбунов, А. П. Значение современной сферы услуг в экономическом развитии государства и его регионов: современные тренды и адаптивные стратегии / А. П. Горбунов, А. П. Колядин, О. Л. Таран // Финансовый менеджмент. – 2025. – № 11-2. – С. 583-591.
2. Гродинская, А. Н. Перспективные направления развития сферы услуг в малых городах РФ / А. Н. Гродинская, М. Е. Орлова-Шейнер // Финансовый бизнес. – 2025. – № 12(270). – С. 107-109.
3. Исаева, Д. Г. Сфера услуг в Республике Дагестан в условиях цифровой трансформации и экономической нестабильности: вызовы, возможности и стратегии развития / Д. Г. Исаева, Г. А. Гюльмагомедова, К. Т. Пайтаева // Прикладные экономические исследования. – 2025. – № S2. – С. 144-150.
4. Казаватова, Н. Ю. Стратегия развития отрасли туризма и сферы услуг в Дагестане / Н. Ю. Казаватова // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 2(163). – С. 593-595.
5. Лазарева, И. Е. Трансформация сферы финансовых услуг в условиях устойчивого развития экономики / И. Е. Лазарева // Финансовый менеджмент. – 2025. – № 5. – С. 116-121.
6. Минаков, А. В. Региональные аспекты развития телекоммуникаций и цифровых технологий / А. В. Минаков, Ю. В. Быковская // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 3(176). – С. 586-593.
7. Морозов, М. А. Парадигма устойчивого развития сферы услуг в условиях цифровизации и обеспечения технологического суверенитета / М. А. Морозов // Сервис в России и за рубежом. – 2026. – Т. 20, № 1(121). – С. 162-172.
8. Насырова, С. И. Сфера услуг человеко-ориентированной экономики в России: оценка развития / С. И. Насырова // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 12(173). – С. 390-395.
9. Нурмехаметов, Р. Р. О развитии сферы услуг в условиях цифровизации / Р. Р. Нурмехаметов // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 6(179). – С. 147-151.
10. Торговля и услуги: Дагестанстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://05.rosstat.gov.ru/torgovlya

УДК 338.124.4

Тараненко Н. Н.
Российская Таможенная академия, Люберцы, Россия

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВВЕДЕНИЯ САНКЦИЙ В ОТНОШЕНИИ ЭКОНОМИКИ РФ

Аннотация: статья посвящена анализу влияния экономических санкций на экономику РФ на макроуровне. В статье были использованы аналитический и статистический методы для наиболее точного анализа. В рамках настоящего исследования был выполнен макроэкономический анализ последствий введения экономических санкций на экономику РФ. Анализ позволил выявить стойкость российской экономики к невероятному санкционному давлению.
Ключевые слова: макроэкономика, курс доллара США, экономика РФ, ВВП, экспорт, санкции.

Проанализируем влияние, оказанное введёнными санкциями на экономическую стабильность экономики России. Как мы знаем, большинство ограничений направлены на финансовую сферу РФ с целью отрезать всевозможные пути получения дополнительной выручки и дестабилизировать ситуацию в целом в стране. Поэтому в первую очередь рассмотрим основные показатели финансовой системы Российской Федерации.

На начало специальной военной операции, как и на любые геополитические и внешнеэкономические нестабильности прежде всего отреагировала биржа. Как мы можем заметить исходя из рисунка 1, индекс Московской биржи – являющейся одной из ведущих в Российской Федерации, начал стремительно падать как раз с конца 2021 года, когда ситуация на Украине начала обостряться. В феврале 2022 года IMOEX упал на 30,02% по сравнению с показателем в прошлом месяце – инвесторы старались вывести как можно больше средств, которые держали на Московской бирже, опасаясь деструктивных последствий санкций и ограничений, которые будут наложены на Российскую Федерацию. Это вполне ожидаемая реакция, с учётом того, что весь мир считал, что Россия под гнётом экономических санкций очень скоро объявит о дефолте, что, несомненно, привело бы всех инвесторов к банкротству. Вместе с индексом Московской биржи упали и цены акций ведущих государственных предприятий, таких как Газпром и ВТБ. Для того, чтобы избежать дальнейшего падения котировок индекса Московской биржи, 24 февраля торги были приостановлены.

Однако даже после возобновления торгов, IMOEX продолжил падать, пока не достиг рекордно низкой отметки в 1 957,31 пункт в сентябре этого же

года. Дефолта не произошло, а вследствие этого Московская биржа постепенно начала восстанавливаться от событий февраля 2022 года, и к январю нынешнего года индекс Московской биржи составил 2 782,74 пунктов (рисунок 1).

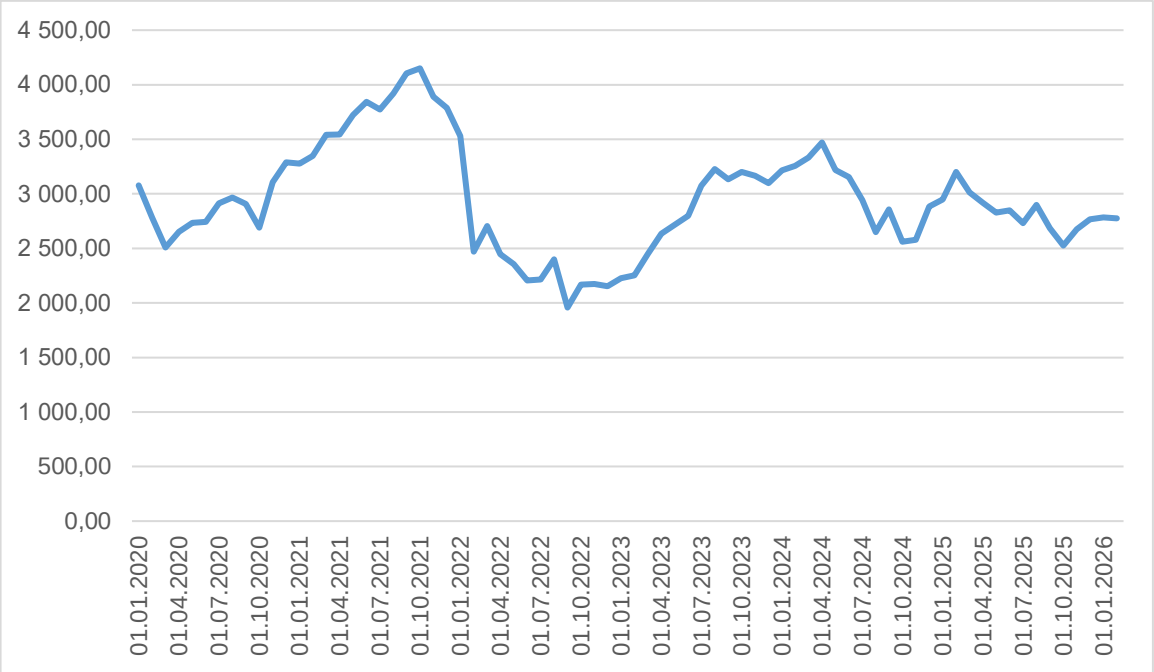


Рисунок 1. Индекс Московской биржи (IMOEX), по месяцам с января 2020 по январь 2026 года [1]

Среди финансовых показателей стоит рассмотреть реакцию Центрального банка на введённые экономические санкции, поскольку именно ЦБ РФ, наряду с Министерством финансов, ответственен за поддержание стабильности российского рубля и финансовой системы РФ. Ключевым инструментом, которым оперирует Центральный банк Российской Федерации в своей деятельности является ключевая ставка. Проанализируем, как реагировал ЦБ РФ на последствия введённых санкций, а вместе с этим рассмотрим и инфляцию, как показатель, являющийся взаимосвязанным с ключевой ставкой Центробанка. В феврале 2022 года инфляция составила 9,15%, а ключевая ставка была поднята с 8,5% сразу до 20%. Центральный банк повысил ставку рефинансирования с целью сдержать возможный рост цен, поскольку чем выше будет ключевая ставка, тем меньше покупательская способность население, а значит, цены на товары из-за отсутствия спроса на него, будут падать.

Однако, резкое повышение ставки рефинансирования оказало положительное воздействие на экономику России лишь в среднесрочной

перспективе. Здесь ключевую роль сыграли вовсе не законы рынка, а нарушившиеся цепочки поставок: всё больше транснациональных компаний покинули российский рынок, а в связи с отключением финансовой системы РФ от системы SWIFT, стало в разы труднее совершать международные транзакции. Из-за этого повышение ключевой ставки, при отсутствии новых поставок многих товаров, вызвали дальнейший рост цен.

Так, в марте инфляция выросла до галопирующих 16,69%, а в апреле – уже до 17,83%. При этом в марте ключевая ставка была сохранена на уровне 20%, а уже в апреле снижена до 17%. Этот шаг положительно сказался на динамике цен в Российской Федерации. В мае инфляция немного снизилась (до 17,1%), а ключевая ставка была понижена до 11%. К марту 2023 года, при сохранении ключевой ставки на уровне 7,5% удалось минимизировать инфляцию – до начала второго полугодия она не превышала 4%. В конце 2023 года рост цен начался снова – Центробанк связывает это с увеличением потребительского спроса, опережающего темпы роста производства, а также ослаблением рубля по отношению к доллару. Поэтому ставка снова была повышена, и на сегодняшний момент она составляет 16% (рисунок 2).

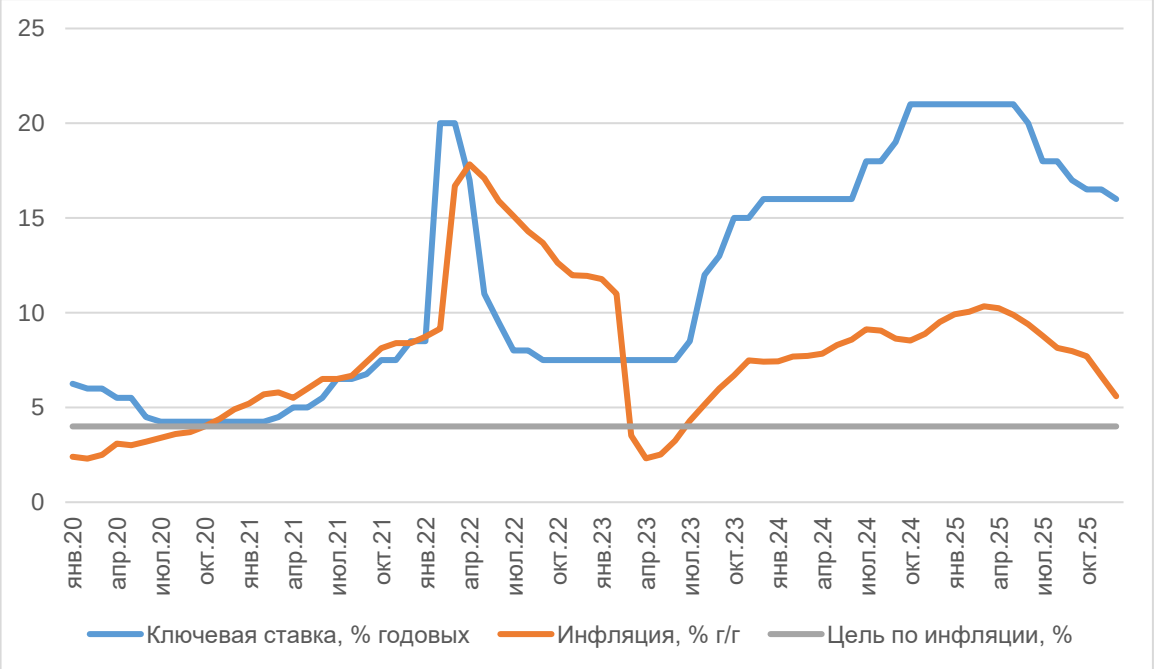


Рисунок. 2. Ключевая ставка ЦБ РФ и инфляция, по месяцам с января 2020 по декабрь 2025 года, % [3]

Так как российский рубль не является резервной валютой, в отличие от доллара США и евро, то экономика РФ напрямую зависит от динамики курса национальной валюты по отношению к этим денежным единицам. До 2014

года курс евро к рублю не превышал 50 рублей за единицу, а доллара – 40 рублей. Именно из-за первых введённых санкций в 2014 году началось ослабление российской национальной денежной единицы. К 2020 году курс доллара составлял уже 61,9057 рублей за единицу, а евро – 69,3777 рублей за единицу. К 2021 году курс доллара вырос на 19,34% и составил 73,8757 рублей за единицу, а евро – на 30,87 и составил 90,7932 рубля за единицу. За день до начала специальной военной операции (на 23 февраля 2024 года) – курсы двух валют составили 80,4194 и 90,882 рубля за единицу соответственно. Однако уже с введением первых ограничительных мер, которые пришлись на начало марта российская денежная единица значительно ослабла. К 11 марта этого года курс доллара и евро к рублю составил 120,3785 и 132,9581 соответственно – темп прироста по отношению к 23 февраля составил для доллара 49,69%, а для евро – 46,3%. Однако после введения правительством ряда мер по удержанию национальной валюты и препятствованию её дальнейшей девальвации курсы обеих валют пошли на спад – к июню этого же года денежная единица США и Евросоюза держались на уровне 50-60 рублей за единицу. Однако, как уже было отмечено ранее, к концу 2023 года российский рубль снова начал ослабевать, что привело к возвращению курсов этих валют на уровень начала специальной военной операции, что в свою очередь вызвало повышение цен в стране (рисунок 3). На сегодняшний день курсы доллара США и евро составляют 78,2267 и 92,0938 соответственно.

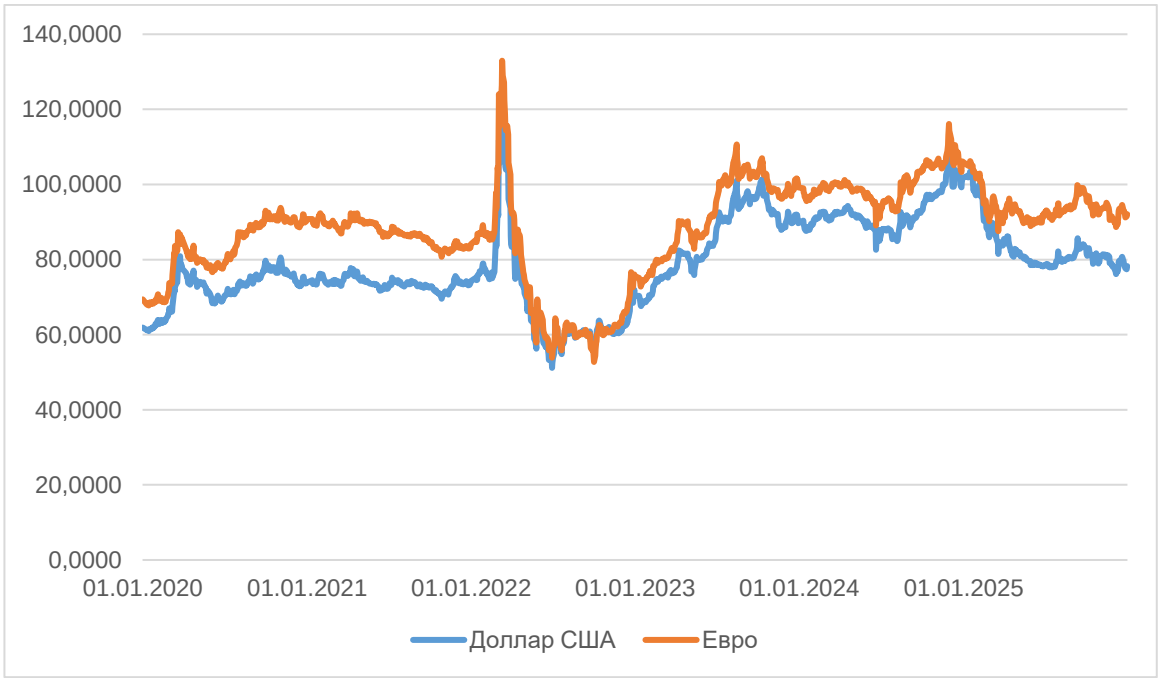


Рисунок. 3. Курс доллара США и евро к российскому рублю, ежедневно с 1 января 2020 года по 31 декабря 2025 года [2]

Динамика курса национальной валюты так или иначе влияет на внешнюю торговлю Российской Федерации. Вместе с этим, санкции в отношении экономики РФ были направлены в том числе и на экспортно-импортные операции России с целью лишить её возможности получить экспортную выручку или закупать продукцию для стабильного экономического развития. Рассмотрим динамику этих показателей. Можно отметить, что в 2022 году наблюдаются две противоположные тенденции в отношении российского экспорта и импорта. Первый показатель за год вырос на 19,82%, в то время как второй, наоборот, снизился на 8,15%. В 2023 году экспорт упал сразу на 28,35%, а импорт вырос на 9,69%. Столь сильное падение экспорта в 2023 году может быть объяснено, в первую очередь, сокращением стоимостных объемов поставок минерального сырья в условиях ухудшения международной ценовой конъюнктуры (рисунок 4). В последующие годы показатели экспорта и импорта РФ оставались примерно на том же уровне.

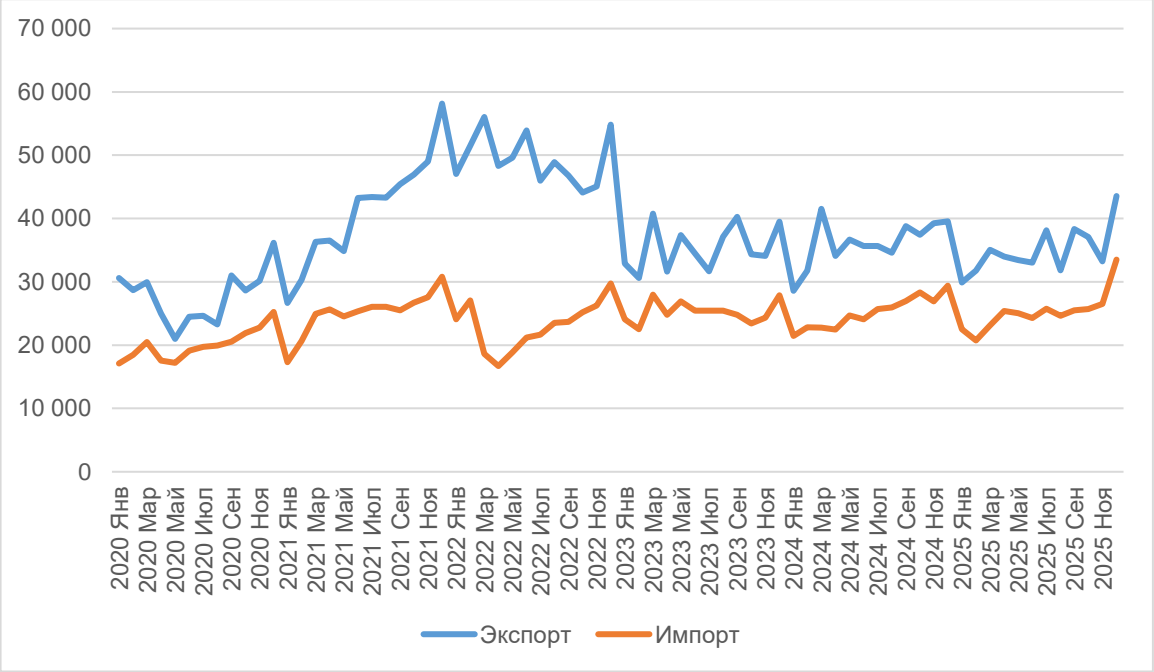


Рисунок. 4. Экспорт и импорт Российской Федерации, 2015-2025 гг., млрд. долл. США [3]

Основной макроэкономический показатель, демонстрирующий экономическое развитие Российской Федерации – это валовой внутренний продукт. По этому показателю практически все международные организации прогнозировали спад, что свидетельствовало бы об успешном экономическом эффекте введённых санкций. Однако, как можно заметить исходя из рисунка

5 падение ВВП отмечается в 1 квартале 2022 года – на 8,16% по сравнению с прошлым периодом, а также в 1 квартале 2023 года – на 14,94%, что, если посмотреть на данные до 2022 года, является скорее сезонной характеристикой, а не следствием санкционного давления. Если анализировать ежегодные изменения ВВП, то за 2022 год ВВП вырос на 14,3%, а за 2023 год – ещё на 10,93% (рисунок 5). Рост ВВП по итогам 2025 года составил +1,0% г/г, что полностью совпало с официальным прогнозом от сентября 2025 года.

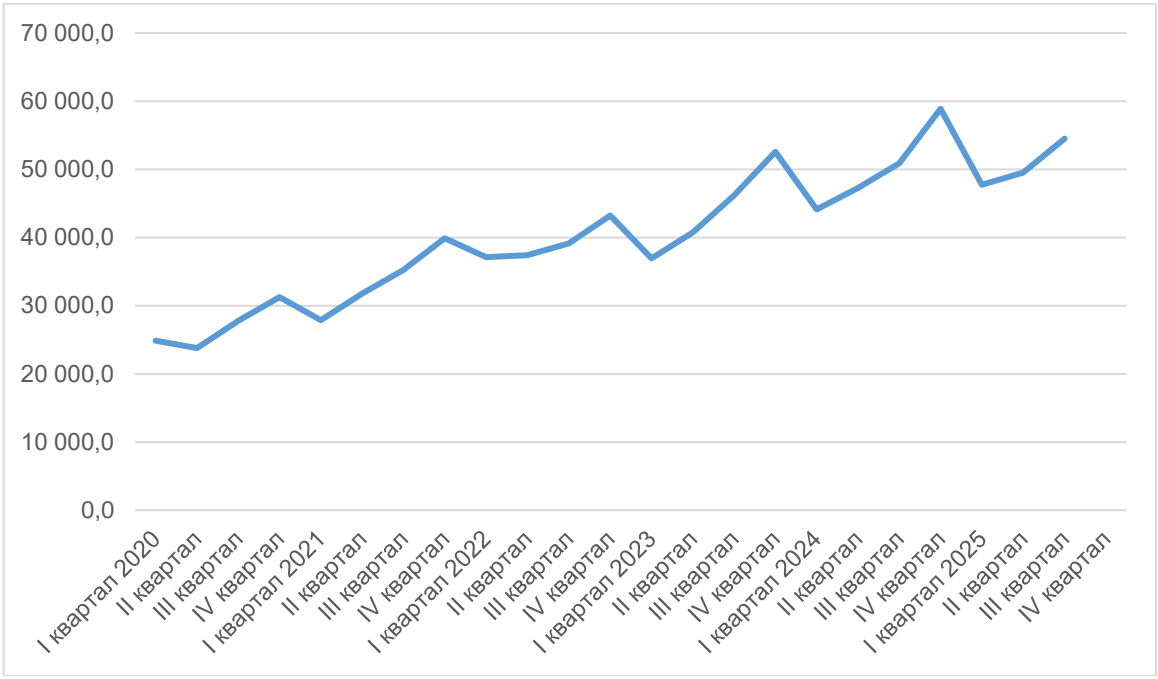


Рисунок. 5. ВВП Российской Федерации, по кварталам с 2020 по 2025 годы, млрд. руб. [3]

Санкционное давление на Россию, включающее блокировку международных платёжных систем и всяческое препятствование проведению международных расчётов, было направлено также с целью вынудить РФ объявить дефолт по своим внешним обязательствам. В случае, если Россия не смогла бы расплачиваться по имеющимся задолженностям, контрагенты из других стран, оставшихся в Российской Федерации, прекратили бы сотрудничество; национальная валюта девальвировалась бы ещё сильнее, чем мы могли это наблюдать в 2022 году, что вызвало бы экономический кризис.

Фактически, Россия объявило о дефолте по внешним обязательствам в ночь на 27 июня 2022 года. «В условиях западных санкций, препятствующих расчетам в долларах и евро, несколько месяцев Москва находила пути осуществлять обслуживание внешнего долга, но в конце концов все

възможности для этого были исчерпаны» [4]. Международное агентство Bloomberg объявило дефолт России по двум еврооблигациям – долларовым (срок погашения – 2026 год) и номинированных в евро (срок погашения – 2036 год). Однако ситуация неоднозначная, так как Министерство Финансов РФ перечислило все средства для выплаты процентов в международную расчетно-клиринговую систему Euroclear, в которой эти средства были заморожены и, следовательно, не поступили к конечному получателю.

Однако, исходя из графика на рисунке 6, можно отметить, что Российская Федерация даже после объявления дефолта, продолжила расплачиваться по имеющимся обязательствам. Уже к январю 2023 года внешний долг России составил 385,08 млрд. долл. США, что на 20,88% меньше, чем на момент 1 июля 2022 года, после объявления дефолта. К январю 2024 года внешний долг России снизился ещё на 17,72% и составил 318,85 млрд. долл. США, а к концу 2025 года он стал равен 308,06 млрд. долл. США.

К тому же, макроэкономические последствия, которые желали достичь США и ЕС, оказались минимальными, и не отличались от последствий применения других ограничительных мер в отношении российской экономики (рисунок 6).

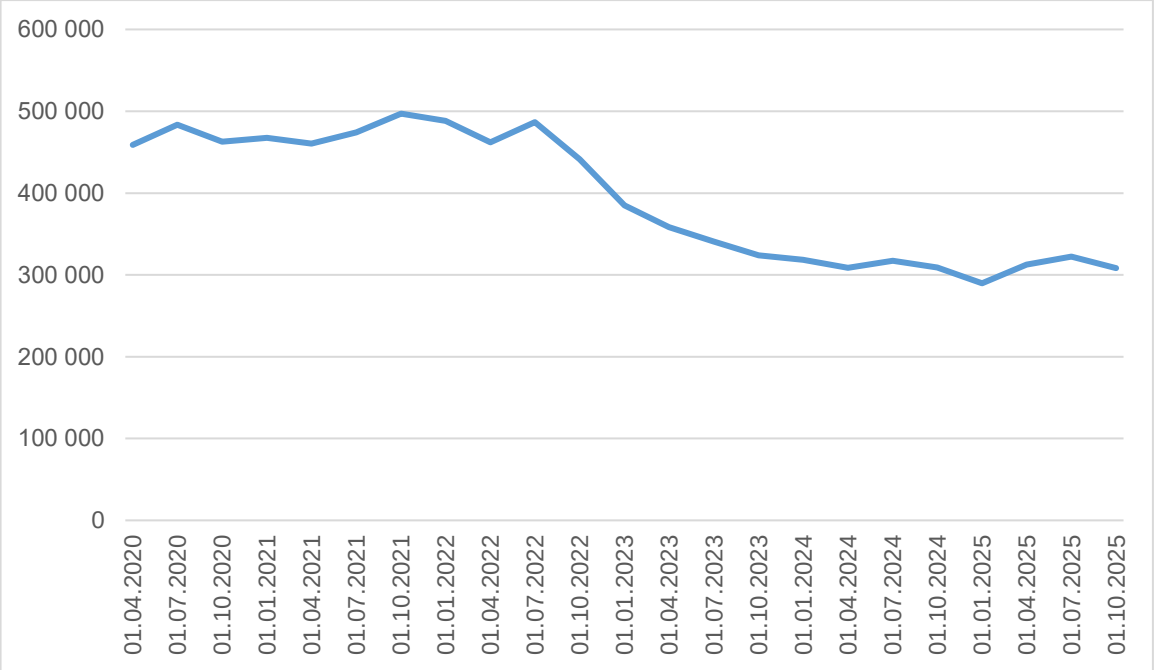


Рисунок. 6. Внешний долг Российской Федерации по кварталам, с 2020 по 2025 годы, млн. долл. США [2]

Таким образом, санкционное давление, оказываемое Западом с 2014 года, и усилившееся с началом специальной военной операции в феврале 2024 года сильно повлияли на финансовую стабильность Российской Федерации. Московская биржа даже спустя 2 года не оправилась от последствий ограничений, а страна находится в шатком положении из-за скачков инфляции и ключевой ставки Центробанка. Российский рубль сильно девальвировал по отношению к резервным денежным единицам, что стимулирует рост цен и дестабилизирует экономическую ситуацию внутри страны. Россия потеряла большинство основных внешнеторговых партнёров, таких как Нидерланды, Германия, США, Великобритания, Южная Корея. Вместе с этим международные агентства фактически объявили Россию банкротом, поскольку страна не смогла расплатиться по своим внешним обязательствам. Однако, несмотря на все имеющиеся негативные последствия, ВВП Российской Федерации продолжает расти умеренными темпами (согласно официальным отечественным и международным источникам РФ занимает 5 место в мире и 1 место в Европе по этому показателю), а внешний долг, несмотря на объявленный дефолт, заметно уменьшается. При этом уже спустя полгода после введения ужесточённых мер, удалось стабилизировать рост цен на уровне 3-4%, что свидетельствует о грамотных мерах, принимаемых Правительством и Центральным банком Российской Федерации.

Список литературы:

1. Сайт Московской биржи [Электронный ресурс]. URL: https://www.moex.com/
2. Сайт Центрального банка Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/
3. Сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/
4. Что значат сообщения о дефолте России по внешнему долгу // РБК: ежедн. интернет-изд. 2022. 27 июн. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/economics/27/06/2022/62b99cda9a794728c2056cf9

УДК 338.45

Тараненко Н. Н.
Российская Таможенная академия, Люберцы, Россия

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РФ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

Аннотация: Статья посвящена анализу развития отечественного производства в условиях санкционного давления, а также перспективы его развития. В статье были использованы аналитический метод и метод теоретического анализа для наиболее точной оценки. В рамках настоящего исследования был выполнен анализ отечественного производства, а также приведены перспективы его развития. Анализ позволил получить точную картину современных процессов в российском производстве.
Ключевые слова: факторы развития, условия развития, перспективы развития, отечественное производство, санкции.

В условиях санкций, наложенных на Россию, ее отечественное производство стало объектом особого внимания. Процесс, начавшийся в результате внешнеполитических давлений, привел к значительным изменениям в экономическом ландшафте страны. Российские компании вынуждены были пересмотреть свои стратегии, ориентируясь на внутренний рынок и собственные ресурсы. В этом контексте становится интересным исследование процесса развития отечественного производства в условиях санкций, а также выявление факторов, способствующих его устойчивости и росту.

Рассмотрим в первую очередь состояние промышленного производства, поскольку именно оно является «драйвером» экономического развития всей страны. Без необходимой промышленной базы отечественные производители продукции не смогут заменить иностранные аналоги. Состояние этой отрасли рассмотрим по основным структурным элементам, которые приводит Федеральная служба государственной статистики Росстат в сборнике «Промышленное производство в России» (рисунок 1).

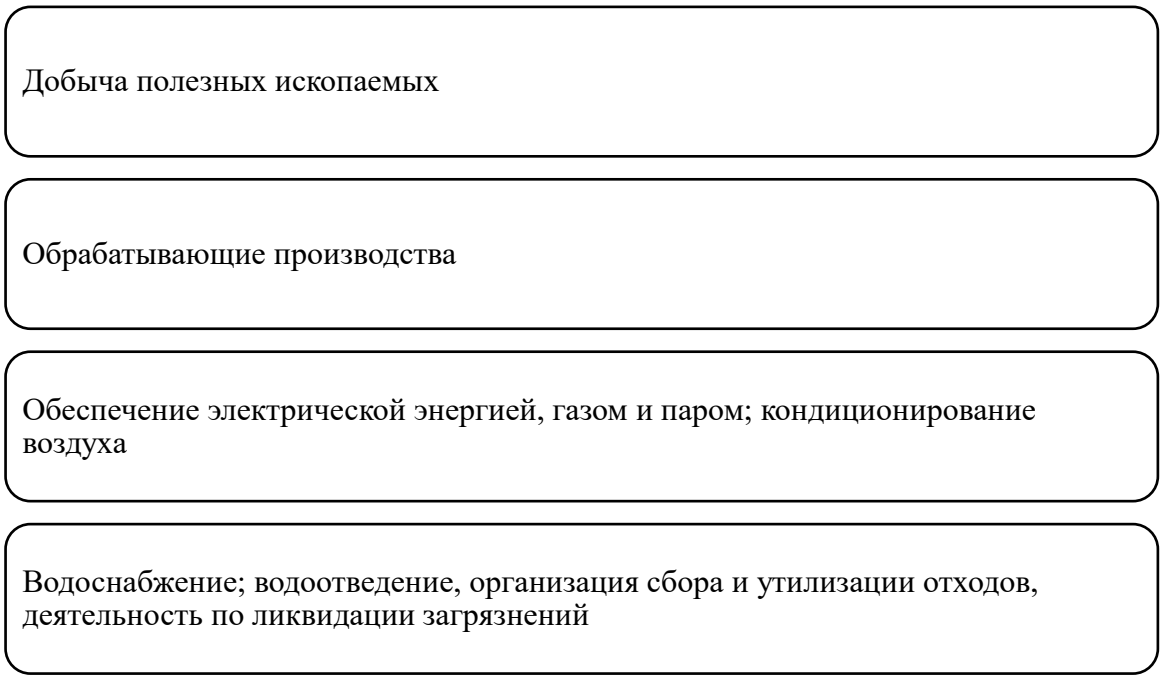


Рисунок 1. Структура российского промышленного сектора [3]

Рассмотрим влияние санкций на каждый элемент этой структуры. Динамика промышленного сектора в 2024 году оказалась рекордной за последние 13 лет. Индекс промышленного производства по итогам данного года составил 101,3% [6].

Добыча полезных ископаемых – отрасль, подверженная наибольшему санкционному давлению со стороны западных стран, поскольку именно она является основой функционирования экономики России. «Так, санкционное давление полностью затронуло и ограничило экспортную деятельность добывающей промышленности, а также косвенно сказалось на состоянии производственных систем ввиду исключения поставок западного оборудования, инструментов цифровизации и прочих технологий. Были прекращены иностранные инвестиции, в том числе связанные с организацией деятельности по добыче полезных ископаемых на территории западных стран» [4]. Однако по многим показателям российская добывающая отрасль показала положительный прирост, поэтому нельзя назвать санкционное давление в этой сфере успешным.

Основными проблемами развития данной отрасли являются, в первую очередь, закрытие основных рынков сбыта продукции, увеличение логистических издержек в связи с переориентацией экспорта на другие страны и регионы, а также отсутствием технологического обновления процессов добычи. При этом, развитие новых внешнеторговых связей со странами

других регионов позволит России расширить свой экспортный потенциал в этой сфере.

Обрабатывающие производства являются одними из наиболее технологически развитых секторов отечественной промышленности и включает в себя такие сферы, как продовольственные товары, лекарственные препараты и медицинское оборудование, нефтепродукты, металлургия, химическая продукция и транспортные средства и техника. Основными проблемами в этой области для России является тот факт, что технологии, применяемые в обрабатывающем производстве, поступали на отечественный рынок из-за рубежа, преимущественно из стран ЕС. Однако в этом есть и свои преимущества, поскольку Российская Федерация сможет ликвидировать текущий технологический разрыв только за счёт отечественных разработок, поэтому государство будет вынуждено финансировать развитие этой отрасли.

Отрасль обеспечения электрической энергией, газом и паром; кондиционирования воздуха является наименее пострадавшей от экономических санкций, поскольку данная сфера ориентирована на отечественного потребителя, а не на внешние рынки.

Электроэнергетика является передовой сферой российской промышленности, поэтому помимо сократившегося иностранного финансирования за счёт ухода многих западных инвесторов с российского рынка, особых проблем с обеспечением внутренних потребителей доступной по цене и бесперебойной электроэнергией не наблюдается. Несомненно, технологический уровень некоторых объектов (например, плотин, что показала ситуация в Орске), оставляет желать лучшего, однако эта проблема связана не с санкциями, а с халатным отношением к эксплуатации и обслуживанию подобных объектов

При этом, можно отметить перспективы развития атомной отрасли, которая несмотря на все санкции и ограничения продолжает развиваться и обеспечивать электроэнергией всё большее число нуждающихся.

Отрасль водоснабжения, водоотведения, организации сбора и утилизации отходов, деятельности по ликвидации загрязнений так же, как и предыдущая, связана с обеспечением внутреннего потребителя. Однако данная сфера промышленности так или иначе пострадала от санкционного давления. Индекс производства в сфере водоснабжения и утилизации отходов составил 95,7% в 2025 году, тогда как в 2024 году этот показатель был равен 104,1%. Основными проблемами в данном случае является отсутствие необходимого оборудования и химических компонентов. При этом активно разрабатывается возможность заместить бывших западных поставщиков другими производителями из дружественных государств, например Китая.

Основная проблема российской промышленности, исходя из всего вышеперечисленного, заключается в отсутствии собственных технологий и высоком уровне зависимости от западных поставщиков. В связи с этим, уже с 2014 года активно обсуждается и разрабатывается стратегия «импортозамещения», заключающаяся в минимизации потребностей отечественных производителей в иностранных технологиях за счёт их развития внутри страны.

Политика импортозамещения в России является ключевым инструментом в обеспечении экономической безопасности страны и сокращении зависимости от импорта. Она приобрела особую актуальность в условиях санкций и геополитических напряжений, когда доступ к некоторым иностранным технологиям и товарам был ограничен.

Основная идея политики импортозамещения заключается в том, чтобы стимулировать российские компании к развитию собственного производства тех товаров, которые ранее приобретались за рубежом. В этом контексте важными являются не только экономические мотивы, но и стратегические соображения, связанные с обеспечением независимости в ключевых отраслях.

Принятие мер по импортозамещению включает в себя различные меры поддержки отечественного производства, такие как льготы, субсидии, технологическое развитие, а также повышение качества и конкурентоспособности отечественной продукции. Важным аспектом является также стимулирование потребления отечественной продукции среди населения.

Правовой основой осуществления политики импортозамещения в Российской Федерации является Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»». Согласно данной программе, импортозамещение – это «процесс создания современных конкурентоспособных производств, направленный на замещение импортируемых в настоящее время товаров, как потребительских, так и производственных, принцип расстановки акцентов государственной промышленной политики, основанный на осознанном отказе от специализации в производстве только тех продуктов, в которых Российская Федерация имеет сравнительные преимущества перед другими странами в настоящее время» [2].

Программа также предусматривает основные ориентиры развития импортозамещения в основных отраслях производства на период до 2035 года (рисунок 2).

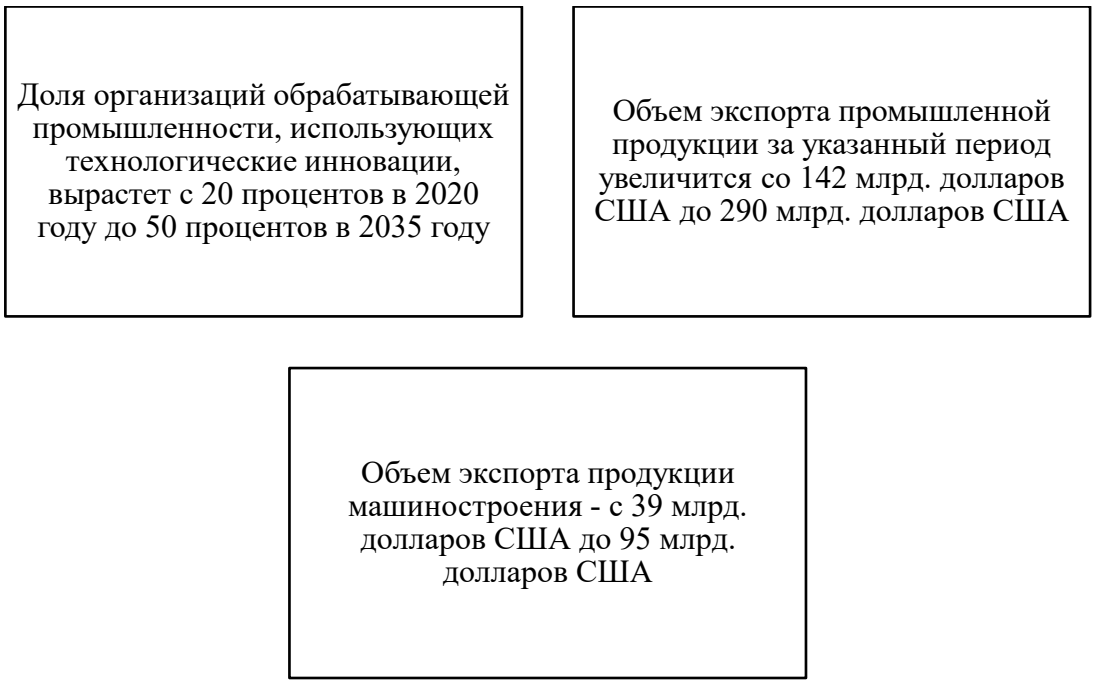


Рисунок 2. Ориентиры развития промышленности России до 2035 года [2]

Рассмотрим основные результаты политики импортозамещения после введения санкций западных стран в отношении России. Для этого воспользуемся аналитическим докладом, который подготовила Высшая школа экономики при участии РСПП и Института исследований и экспертизы ВЭБ.РФ «Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра». Согласно ему, промышленный комплекс России зависит от импорта на 39%, что в 2 раза ниже, чем в Венгрии, Словакии, Словении и странах Прибалтики, в 1,5 раза ниже, чем в Канаде и Австралии и в 1,3 раза ниже, чем в Германии [5].

Более успешного прогресса в импортозамещении удалось достичь в агропромышленном комплексе. «По оценке руководителей и экспертов Минсельхоза, в текущем году сохраняется прогноз прироста производства зерновых и зернобобовых культур на уровне 135 млн. тонн (для сравнения в 2024 году прирост составил 130 млн. тонн)» [7].

В целом, российская политика импортозамещения является эффективной в отраслях, где нет серьёзной необходимости в использовании передовых технологий (помимо АПК, таковыми являются деревообработка, трубная и мебельная промышленность). Однако в таких секторах, как авиация и фармацевтика, до сих пор видна сильная зависимость от иностранных поставок, что делает политику импортозамещения неполноценной. Для замещения импортных поставок в технологических секторах, необходимо

долгое и широкое финансирование российских инновационных центров с целью мотивировать разработки в этих сферах.

В условиях санкционного давления со стороны западных стран и их союзников, российское производство столкнулось с рядом вызовов, что создаёт необходимость выделить новые факторы развития, с учётом имеющихся обстоятельств (рисунок 3).

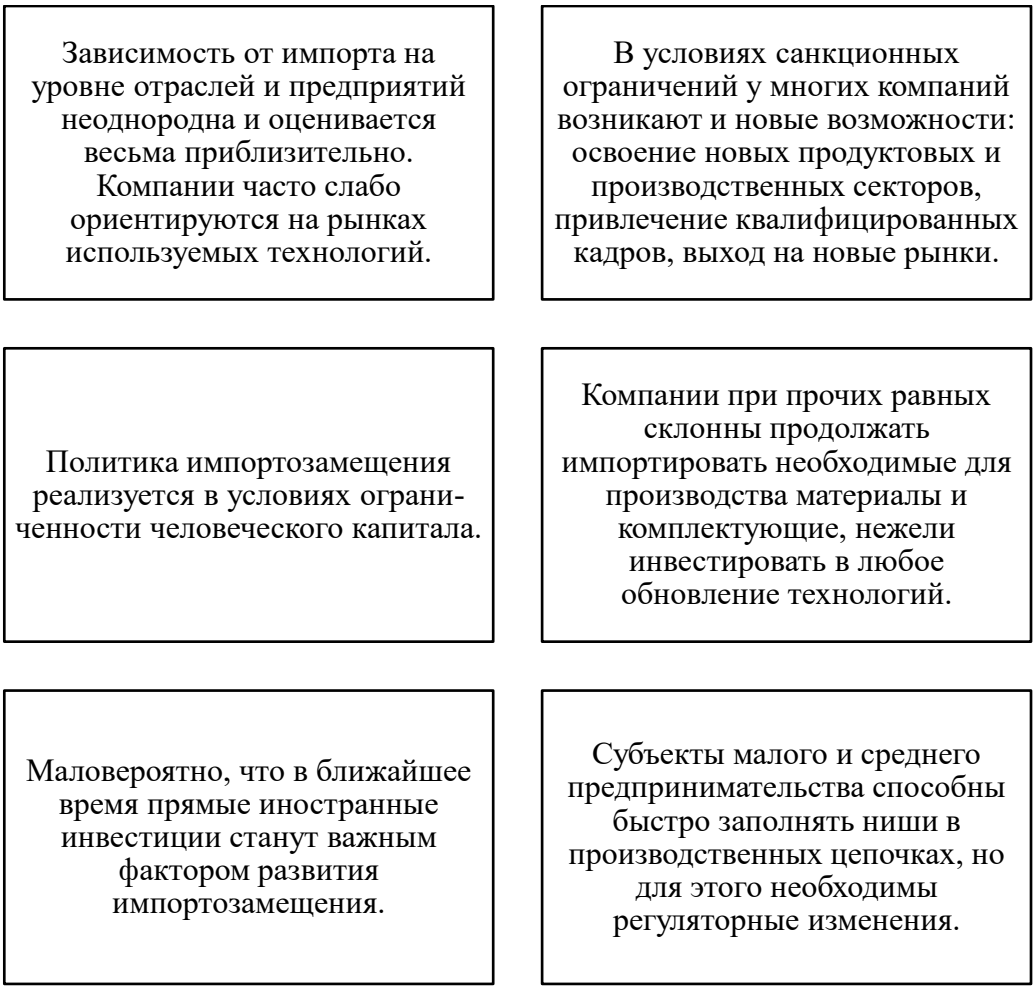


Рисунок 3. Новые факторы развития российской экономики [5]

Таким образом, отечественное производство в последнее время столкнулось с очень серьёзными препятствиями из-за наложенных на российскую экономику санкций со стороны западных стран. Многие бывшие основные импортёры российской продукции (нефти, газа, драгоценных и чёрных металлов и т.д.) прекратили сотрудничество с отечественными компаниями, нарушились многие логистические цепочки, поставки технологического оборудования для усовершенствования имеющихся средств

производств приостановлено. Это так или иначе сказалось на развитии некоторых отраслей промышленности. Однако полноценного «краха» российского производства не произошло. Отнюдь, многие производители оказались готовыми к этим вызовам и устояли под натиском ограничений со стороны США, ЕС и их союзников. Однако, несмотря на имеющиеся успехи, российская экономика на данный момент не готова заменить высокотехнологичную продукцию, поставляемую развитыми странами, и именно этот сектор должен быть развит в первую очередь для проведения полномасштабной и качественной политики импортозамещения.

В условиях введения санкций со стороны западных стран, экономика Российской Федерации сталкивается с новыми вызовами и возможностями. Несмотря на ограничения в международной торговле, Россия стремится развивать собственные производственные и экономические отрасли, основываясь на принципах самообеспечения. Рассмотрим основные возможные векторы развития российской экономики в современных условиях.

Основные перспективы развития Российской Федерации в нынешних реалиях изложены в ежегодном сборнике Центрального банка РФ «Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2025 год и период 2026 и 2027 годов».

Российская экономика будет развиваться под воздействием как внутренних, так и внешних условий.

1. Внутренние условия:

- Влияние увеличения инвестиций на предложение товаров и услуг в экономике (рост потенциала экономики).
- Параметры бюджетной политики.

2. Внешние условия:

- Процессы деглобализации (фрагментации) мировой экономики.
- Инфляционные процессы в мире и действия зарубежных центробанков.
- Устойчивость мировых финансовых рынков.
- Геополитическая ситуация (новые санкции, вторичные эффекты санкций).

Таким образом, под влиянием как внутренних, так и внешних условий, возможны три варианта развития российской экономики на краткосрочную, а также среднесрочную перспективы (рисунок 4):

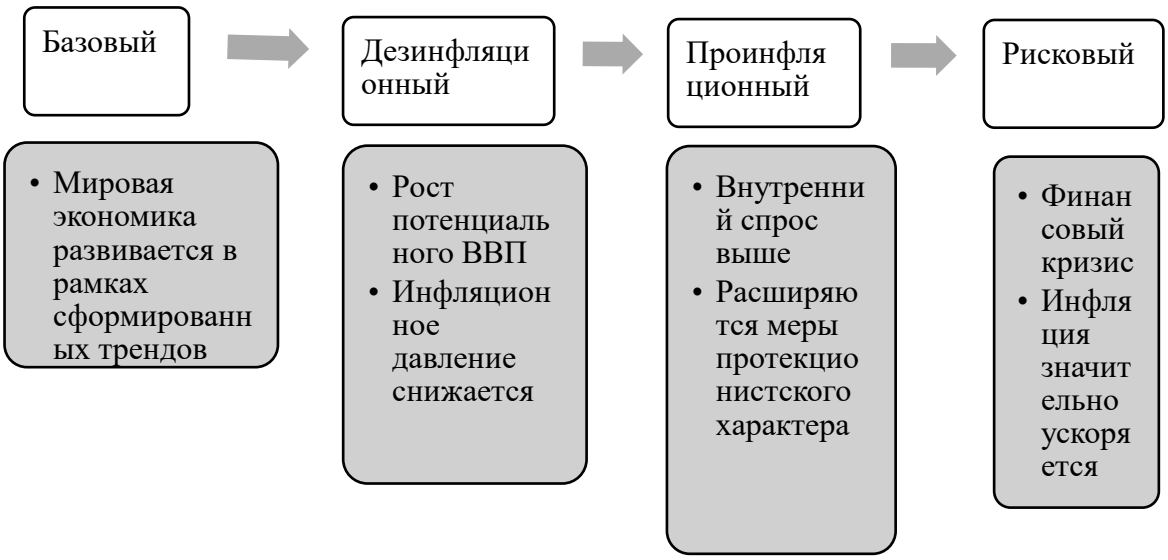


Рисунок 4. Сценарии развития российской экономики в условиях санкций [8]

Первый сценарий – базовый. Текущее состояние глобальной экономики определяется действием устоявшихся тенденций. Политика ведущих мировых регуляторов на протяжении длительного периода направлена на ужесточение денежно-кредитных условий с целью борьбы с инфляцией. Ожидается, что инвестиционная активность сохранит высокую динамику. При этом темпы увеличения совокупного спроса постепенно замедлятся, придя в соответствие с возможностями устойчивого наращивания выпуска внутри страны. Это будет способствовать постепенному выходу экономики из состояния перегрева. К 2027 году прогнозируется возвращение к модели сбалансированного роста.

Второй сценарий – дезинфляционный. По своим макроэкономическим и геополитическим допущениям данный сценарий не отличается от базового. Ключевое различие заключается в более высокой отдаче от инвестиций, накопленных за предыдущие годы. Это обеспечивает ускоренное расширение предложения товаров и услуг по сравнению с базовым вариантом. Как следствие, в 2026 году прогнозируются более высокие темпы экономического роста. Увеличение предложения полностью абсорбирует возросший внутренний спрос, что способствует более быстрому выходу экономики из состояния перегрева.

Третий сценарий – проинфляционный. В части макроэкономических и геополитических допущений данный вариант развития событий аналогичен базовому. Отличия начинаются в бюджетной политике: прогнозируется увеличение доли расходов на льготные кредитные программы в 2026 году. Это

приводит к росту так называемого автономного спроса, который слабо реагирует на изменения ключевой ставки. Одновременно с этим усиливаются протекционистские меры, призванные стимулировать импортозамещение. Примечательно, что, несмотря на рост бюджетных вливаний в льготные программы, в условиях перегретого спроса и высоких инфляционных ожиданий эти средства уходят преимущественно в текущее потребление, а не в расширение производственных возможностей.

И последний четвертый вариант – рисковый. Данный сценарий предполагает наступление мирового финансового кризиса. Его первопричиной становится продолжительный период высоких процентных ставок, который провоцирует ухудшение положения финансовых институтов по всему миру. Нарастание неопределенности, массовый исход инвесторов из рисковых активов и обвал доверия к финансовой системе в целом приводят к полномасштабному кризису. Реакция российской экономики выражается в сокращении выпуска в 2025–2026 годах. В 2027 году ожидается начало восстановительного роста, однако возвращение к сбалансированным темпам произойдет лишь за пределами прогнозного горизонта.

Далее рассмотрим общие перспективы развития российской экономики в современных реалиях.

В условиях сохраняющегося санкционного давления со стороны недружественных государств российская экономика продолжает структурную перестройку, начавшуюся несколько лет назад. Ключевым вектором адаптации остается переориентация внешнеэкономических связей на страны Азии, Африки, Ближнего Востока и Латинской Америки, проводящие дружественную политику. Возможности прямого экспорта в страны Евросоюза и США по-прежнему крайне ограничены. Инструментами дальнейшей адаптации остаются развитие альтернативных экспортных маршрутов и расширение практики параллельного импорта, который, вопреки пессимистичным прогнозам, продлен до конца 2026 года. Развитие альтернативных экспортных маршрутов подразумевает выстраивание новых логистических цепочек с дружественными государствами.

Параллельный импорт к 2026 году превратился из временной антикризисной меры в полноценный, хотя и высокорисковый, институт внешнеэкономической деятельности. Государство разрешило этот механизм, но одновременно ужесточило контроль за его использованием. Фокус регулирования сместился с формальных таможенных процедур на финансовую, юридическую и санкционную чистоту всей цепочки. Однако параллельный импорт в 2026 году — это не индульгенция от проверок, а зона повышенного внимания со стороны ФТС, ФНС, Роспотребнадзора и банков.

Как отмечают эксперты, «самая большая опасность — не в самом факте параллельного импорта, а в ошибках при его организации».

Расширение практики параллельного импорта может представлять собой перспективу развития российской экономики в условиях санкционного давления по нескольким ключевым направлениям:

1. Расширение ассортимента товаров: Параллельный импорт позволяет расширить ассортимент товаров на внутреннем рынке, предоставляя потребителям больший выбор и конкуренцию между различными брендами и производителями.
2. Снижение цен на товары: Конкуренция, вызванная введением параллельного импорта, может привести к снижению цен на импортные товары, что благоприятно сказывается на покупательской способности населения и стимулирует спрос.
3. Стимулирование внутреннего предпринимательства: Внутренние компании могут использовать возможности параллельного импорта для расширения своего бизнеса за счет ввоза товаров по более низким ценам и их дальнейшей реализации на внутреннем рынке.
4. Повышение качества услуг: Конкуренция со стороны импортных товаров может стимулировать отечественных производителей к улучшению качества своей продукции и услуг, что в конечном итоге приводит к повышению уровня жизни и благосостояния населения.

Таким образом, российская экономика столкнулась с огромными трудностями в связи с наложенными санкциями. Она лишилась многих стран импортеров и экспортеров, из-за чего промышленность России сильно пострадало. Тем не менее, развала экономики не произошло и экономика России, как и ее промышленность, постепенно выходят на досанкционный уровень. Согласно ученым-экономистам, экономическое развитие России в условиях санкций может пойти по четырем направлениям, которые зависят как от внутренних, так и от внешних факторов. «Базовый» сценарий предполагает отсутствие каких-либо значимых геополитических изменений, а вследствие этого существует высокая вероятность полного восстановления российской экономики к 2027 году. «Дезинфляционный» сценарий предполагает, что инфляция возвращается к цели раньше, чем в базовом сценарии, а также что темпы роста экономики в 2026-2027 годах будут выше. «Проинфляционный» сценарий гласит, что будут расширяться меры протекционистского характера, направленные на стимулирование импортозамещения, а для возвращения инфляции к цели требуется более жесткая ДКП. «Рисковый» сценарий является наименее благоприятным. В мировой экономике разворачивается финансовый кризис, фрагментация

в мировой экономике усиливает негативные эффекты кризиса. Инфляция значительно ускоряется из-за существенного сокращения предложения товаров и услуг. Инфляция возвращается к цели в 2027 году.

Помимо этих сценариев, российская экономика в условиях санкций может развиваться путём расширения экспортных цепочек поставок и их переориентацией на более надёжных партнёров из дружественных стран, а также введением и развитием политики параллельного импорта для стимулирования роста собственного производства и покрытия некоторой части утерянного в связи с ограничениями объёма импорта.

Список литературы:

1. Бабанов А.Б. Бохан П.А. Шетов А.А. Перспективы использования параллельного импорта в Российской Федерации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2023. № 1. С. 54-60
2. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. N 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2014. № 18 Ст. 2173
3. Промышленное производство в России. 2021: Стат.сб. / Росстат. М., 2021. 305 с.
4. Шабыкова М.А. Направления развития промышленности России в условиях санкционных ограничений // Финансовые рынки и банки. 2023. № 1. С. 115-120
5. Импортозамещение в России: вчера и завтра // Аналитический доклад Высшей школы экономики при участии РСПП и Института исследований и экспертизы ВЭБ.РФ. 2023. фев. [Электронный ресурс]. URL: https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/814560067.pdf
6. О промышленном производстве в 2025 году [Электронный ресурс] URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/13_06-02-2026.html
7. Российский АПК в 2025 году [Электронный ресурс]. URL: https://piu.ranepa.ru/news/rossiyskiy-apk-v-2025-odu/?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru
8. Сайт Центрального банка Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/

ФИЛОЛОГИЯ

УДК 81'1:81'23

Хандожко О. А.
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕПТА «ДОБРО»

Аннотация. Статья посвящена когнитивному анализу концепта «добро», в основу которого легли теории концептуальной метафоры Дж. Лакоффа и М. Джонсона. Также рассматриваются основные подходы к понятию «концепт»: лингвокультурологический, лингвистический и когнитивный. Особое внимание выделяется для методологии когнитивного анализа, а именно: выделению корпуса метафорических выражений, группировке по сферам-источникам, формулированию концептуальных метафор и их структурированию. Проведён анализ избирательности метафор: определено, какие смыслы каждая модель высвечивает, а какие затемняет.

Ключевые слова: концепт, когнитивная лингвистика, метафора, Дж. Лакофф, М. Джонсон, сфера-источник.

Актуальность настоящего исследования обусловлена природой объекта. Слово «добро» относится к сенсорным, значение которых связано с чувствами, эмоциями. В виду тесной связи сенсорных слов с эмоциональной сферой их концептуальный смысл можно понять только через метафорические переносы. В следствие вышесказанного когнитивный анализ концепта «добро», ядром которого который является сенсорное слово, возможен через экспликаторы, выраженные метафорами. Именно оценочность, чувственность, сосредоточенная в слове-ядре концепта, определяет выбор анализа, который должен показать ценностное значение концепта «добро» для русской языковой картины мира.

Целью статьи является выявление метафор, устойчивых единиц, эксплицирующих структуру концепта «добро», на материале текстов интернет-ресурсов.

Как известно, термин «концепт» является междисциплинарным. Данный термин по-разному интерпретируется современной лингвистическе, лингвокультурологии, когнитивнитивистике [1]. Соответственно, различия обозначены тем, какой аспект преобладает — языковой, культурный или мыслительный.

Таким образом, концепт в рамках лингвокультурологического подхода описывается в качестве базового образования национальной культуры. Так, В.

И. Карасик в своей работе описывает концепты в качестве «ментальных образований, которые представляют собой хранящиеся в памяти человека значимые осознаваемые фрагменты опыта» [4]. В свою очередь, Ю. С. Степанов, описывает данное понятие как «сгусток культуры в сознании человека» [8].

В. А. Ефремов в своей работе «Теория концепта и концептуальное пространство» представил обзор основных лингвистических подходов к концепту. Учёный развивает мысли З. Д. Поповой, И. А. Стернина и Р. М. Фрумкина и подчёркивает, что значение слова шире и включает в себя ассоциативные и образные компоненты, а сам концепт конструктором, создающим новые связи. Однако, мыслительные структуры всегда зачастую остаются шире возможностей их языкового выражения [3].

В свою очередь, когнитивный подход смещает фокус с коллективного сознания на личные механизмы познания. Данную точку зрения развивают А. Д. Кошелев в работе «Когнитивный анализ общечеловеческих концептов» и И. А. Стернин «Когнитивная интерпретация в лингвокогнитивных исследованиях». Таким образом, А. Д. Кошелев отмечает, что базовые концепты возникают и формируются у каждого человека ещё в детстве «до освоения родного языка и независимо от него в результате когнитивного развития ребенка и его взаимодействия с окружающим миром» [6]. Также эту точку зрения развивает И. А Стернин, отмечая, что концепт в современном понимании не сводится к языковому выражению, так как: «человек получает данные о том или ином объекте не только из языковых и текстовых знаний, но и из эмпирического опыта, из мыслительных операций невербального характера» [9]. Таким образом, концепт понимается как единица когнитивного пространства, и его изучение выходит за рамки классической лингвистики, сближаясь с когнитивной наукой в целом.

Базой для когнитивного анализа концептов служит теория концептуальной метафоры, которую разработали Дж. Лакофф и М. Джонсон. Согласно данной теории, метафора понимается в качестве механизма мышления, который позволяет осмыслить абстрактные несенсорные понятия. А суть данного механизма заключается в ««понимании и переживании сущности одного вида в терминах сущности другого вида». Также исследователи подчёркивают, что «процессы человеческого мышления во многом метафоричны» [10].

В нашей статье концепт рассматривается в аспекте когнитивной науки с опорой на исследования М. Джонсона и Дж. Лакоффа.

Структура когнитивного анализа в парадигме Дж. Лакоффа и М. Джонсона:

Вначале необходимо определить корпус метафорических выражений, связанных с ядерным словом концепта. Учёные предлагают отобрать образные слова, словосочетания, устойчивые высказывания, которые объективируют абстрактное понятие. Важно подчеркнуть, что в поле концепта включаются не авторские или поэтические выражения, а образные обороты, которые понятны носителю языка.

Затем происходит группировка выражений по сферам-источникам. Например: выражение «тратить деньги», «экономить время» объединены сферой-источником «деньги / ресурс». В классических работах Дж. Лакоффа и М. Джонсона подобный анализ проводится на материале сенсорных концептов, таких как «любовь»: выражения «они неразлучны», «их брак зашел в тупик», «мы не можем свернуть с этого пути» группируются вокруг сферы-источника «путешествие», формируя метафору «любовь — это путешествие».

Третий этап — формулирование концептуальных метафор. На основании группировки выражений формируется когнитивная система — формула: «целевая сфера — это сфера-источник». Дж. Лакофф и М. Джонсон иллюстрируют данный этап на материале сенсорных концептов, показывая, как абстрактные понятия (например, «любовь») осмысляются через более конкретные сферы опыта («любовь — это путешествие», «любовь — это сумасшествие»). Аналогичным образом в настоящем исследовании формулируются концептуальные метафоры для сенсорного концепта «добро».

И в заключении необходимо систематизировать полученный материал: распределить метафорические модели в соответствии с пространственным, телесным, социальным опытом человека, объясняя их мотивированность и культурную обусловленность.

Дж. Лакофф и М. Джонсон отмечают, что каждая метафора избирательна и каждая из них подчёркивает одни понятия, а другие затеняет. Например: метафора «спор — это война» акцентирует конфликтность и необходимость победы, но затемняет аспекты спора, как совместный поиск истины [10].

Когнитивный анализ концепта «добро» мы провели, ориентируясь на алгоритм Дж. Лакоффа и М. Джонсона. Источниками экспликаторов являются частотные русские пословицы и поговорки, используемые носителями русского языка в текстах интернет-коммуникации. Наиболее частотные паремии, отобранные нами с помощью «Национального корпуса русского языка», составили следующие единицы:

- В добре жить хорошо жить.
- Делать добро спеши.
- Доброму добрая память.

- На свете не без добрых людей.

Данные выражения распределены по группам в зависимости от того, из какой области опыта осуществляется метафорический перенос: в добре жить хорошо жить — пространство / путь, делать добро спеши — хозяйство / ресурс», доброму добрая память — память / наследие, на свете не без добрых людей — онтологическая (существование).

Таким образом, через данные группы сформированы когнитивные схемы, которые структурируют содержание концепта «добро» в русском сознании.

В первом случае «добро» структурируется через сферу-источник «пространство / перемещение»: данное понятие осмысляется в качестве траектории, по которой следует человек, существует верное направление («путь»), которое осуществляется высшей силой.

Следующая группа «делать добро спеши» структурируется через сферу-источник «хозяйство / ресурс». Признаками служат следующие смыслы: добро можно совершить, сохранить или утратить.

«Доброму добрая память» структурируется через сферу-источник «память / наследие». Смысловой признак: память о добре нельзя отнять или разрушить, это неотчуждаемое благо.

И последняя группа: «на свете не без добрых людей» структурируется через сферу-источник «существование / бытие». Смысловым признаком является то, что добро присутствует так или иначе, даже если человек в это не верит.

Исходя из этого, метафорические модели не являются произвольными, а каждая из них основывается на чувственном опыте человека. Таким образом, метафора «добро — это путь» является пространственным типом опыта, так как человек изучает мир через перемещение, направление; метафора «добро — это ресурс» является хозяйственным типом опыта: накопление, обмен; метафора «добро — это память» является социальным опытом: опытом утраты, сохранения; и заключительная метафора «добро — это онтологическая данность» является экзистенциальным опытом: базовое чувство, устроенность мира.

Следуя тезису Дж. Лакоффа и М. Джонсона об избирательности метафоры отметим, некоторые аспекты акцентируются, а некоторые остаются в тени. «В добре жить хорошо» — высвечивается добро как комфортная среда обитания человека, но затемняется сам путь в это пространство, цена пребывания. «Делать добро спеши» — акцентируется необходимость деятельности, а в тени возможность необдуманного добра. «Доброму добрая память» — высвечивается посмертное существование добра, но затемняется

риск забвения. И заключительный корпус «на свете не без добрых людей» — акцент на мироустройстве, утешении и надежде, но в тени трудность поиска добрых людей и контакт со злом.

Проведённый когнитивный анализ позволил структурировать концепт «добро» на материале частотных пословиц русского языка, встречающихся в текстах современных носителей русского языка, как систему взаимосвязанных метафорических моделей. Каждая из них является фундаментальным телесным, социальным или экзистенциальным опытом, а также обладает культурной спецификой.

Анализ показал, что выбранные нами частотные пословицы-экспликаторы, функционирующие в текстах интернет-ресурсов, акцентируют в концепте «добро» следующее: ценность, долговечность, утешительный характер, но в то же время и затемняют: сложные акценты (цену добра, риск ошибки, уязвимость доброго человека).

Список литературы:

1. Вердиева Э.М. Г. Когнитивно-лингвистические и лингвокультурологические трактовки понятия «концепт» // СИСП. – 2018. – № 4-1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivno-lingvisticheskie-i-lingvokulturologicheskie-traktovki-ponyatiya-kontsept (дата обращения: 11.02.2026).

2. Даль В.И. Пословицы русского народа [Электронный ресурс] // Азбука веры. – URL: https://azbyka.ru/fiction/poslovicy-russkogo-naroda/35/ (дата обращения: 13.02.2026).

3. Ефремов В.А. Теория концепта и концептуальное пространство // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2009. – № 104. – С. 96–106.

4. Карасик В.И. Этноспецифические концепты // Введение в когнитивную лингвистику / Отв. ред. М. В. Пименова. – Кемерово, 2004. – С. 59–76.

5. Кошелев А.Д. Когнитивный анализ общечеловеческих концептов. – М.: Рукописные памятники Древней Руси, 2015. – 408 с.

6. Кошелев А.Д. Концепты базового уровня двухлетнего ребенка сближаются с концептами взрослого [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lrc-press.ru (дата обращения: 11.02.2026).

7. Скребцова Т.Г. Когнитивная лингвистика: курс лекций. – СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2011. – 256 с.

8. Степанов Ю.С. Константы: Словарь русской культуры. Опыт исследования. – М.: Школа «Языки русской культуры», 1997. – 824 с.

9. Стернин И.А. Когнитивная интерпретация в лингвокогнитивных исследованиях // Вопросы когнитивной лингвистики. – 2004. – № 1. – С. 65–69.

10. Лакофф Дж., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 256 с.

ГОСУДАРСТВО И ПРАВО

УДК: 323.2

Мухаметзянов Р. А.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Аннотация: в статье методы контроля и управления политическими рисками в современной России рассматриваются автором как взаимосвязанный механизм, от которого зависит устойчивость государственного и корпоративного управления в условиях политической неопределенности. Особое внимание уделяется разграничению контрольных и управленческих процедур. Контроль понимается как инструмент раннего выявления отклонений и фиксации потенциальных угроз, тогда как управление связано с выбором способов реагирования, распределением ответственности, мобилизацией ресурсов и последующей оценкой результативности принятых решений. Обосновывается необходимость многоуровневого анализа политических рисков. Одновременно показывается, что событийный подход не позволяет в полной мере учитывать структуру и динамику факторов риска, тогда как более продуктивной представляется модель, основанная на системе ранних индикаторов и сопоставлении данных из нескольких источников. В рамках неоинституциональной логики политический риск трактуется как следствие несоответствия формальных правил, реальных практик и ожиданий акторов. В результате формулируется вывод о том, что эффективное управление политическими рисками достигается при сочетании мониторинга, прогнозирования, координационных механизмов, кризисного реагирования и организационного обучения в единую систему, способную снижать риски.

Ключевые слова: политический риск; контроль политических рисков; управление политическими рисками; ранние индикаторы; триангуляция данных; неоинституциональный подход; технологизированный мониторинг; сценарное планирование; экспертные процедуры; организационное обучение.

Методики контроля и управления политическими рисками в современной России выступают базовым элементом государственного и корпоративного управления. Причина состоит в том, что политический риск в российской практике проявляется не только как вероятность «внезапных» решений власти или резких изменений внешней конъюнктуры, но и как системная неопределенность, связанная с качеством институтов, скоростью управленческих циклов, уровнем доверия, напряженностью социальных ожиданий, а также характером международной среды.

В этом смысле политический риск выступает явлением, которое нельзя свести к одному источнику угроз. Он возникает на пересечении конкурирующих интересов, норм и процедур, информационных потоков и управленческих факторов. Поэтому задача контроля политических рисков не равна задаче управления ими. Так, контроль выявляет отклонения и сигнализирует о нарастании угроз, а управление предполагает выбор стратегии воздействия, распределение ответственности, ресурсное обеспечение и последующую оценку результата [1, с. 65].

В современной России методология работы с политическими рисками строится вокруг понимания объекта управления. На макроуровне речь идет о рисках устойчивости политической системы, легитимности и управляемости, а также о внешнеполитических и внешнеэкономических факторах. На мезоуровне ключевыми становятся риски регионального управления, межведомственной координации, конфликтов интересов, качества публичных услуг и обратной связи. На микроуровне политический риск проявляется в деятельности конкретных организаций, проектов и отраслей, прежде всего там, где высока регуляторная зависимость и велика роль государства как заказчика, собственника или арбитра. Например, один и тот же фактор – резкий рост общественного недовольства или внешнее потрясение – может по-разному воздействовать на различные уровни политической системы и, соответственно, обусловливать разные управленческие последствия. Это свидетельствует о том, что универсальный подход, предполагающий разовую оценку рисков, не обеспечивает необходимой эффективности.

Неоинституциональный подход позволяет описать природу политических рисков более строго и объяснить, почему формальные решения нередко дают неожиданный эффект [5, с. 53]. Политический риск здесь понимается как результат несоответствия между формальными правилами, реальными практиками и ожиданиями акторов. В таком прочтении источником риска становится не только событие, например, протестная активность или международная эскалация, но и накопленные институциональные дисфункции, проявляющиеся в применении норм, сбоях в механизмах участия и обратной связи, а также в несоответствии стимулов политических элит и бюрократии задачам обеспечения устойчивости системы.

Для современной России это особенно значимо, поскольку крупные политико-административные решения часто реализуются через сложные цепочки исполнителей, а значит качество институтов исполнения становится фактором политического риска не меньшим, чем качество институтов принятия решений. Показательно, что в отечественной научной дискуссии специально разрабатываются подходы к выявлению политических рисков уже на стадии

правового проектирования, когда риск изначально учитывается при формировании будущей нормы [4, с. 11].

Современные методики ориентированы на выявление ранних индикаторов и построение карты факторов, включающей политико-правовые, социально-экономические и информационные параметры, а также динамику общественного доверия, интересы ключевых групп и внешние ограничения. При этом часть показателей поддается статистическому измерению, часть определяется экспертно, а часть выявляется лишь косвенно. В связи с этим анализ рисков основывается на сопоставлении различных источников, методов и шкал измерения [3, с. 62].

Контроль политических рисков в современной российской практике все в большей степени ориентируется на технологизированный мониторинг. Вместе с тем это не исключает значения традиционных инструментов, к которым относятся социологические исследования, анализ обращений граждан, экспертные доклады и межведомственные сводки. Однако сама по себе технологизация не обеспечивает качества контроля. Эффективная методика должна включать процедуры верификации данных, выявление манипулятивных информационных кампаний, разграничение актуальности информационной повестки и реальной остроты проблем и др.

Одной из крайностей выступает силовое реагирование без предварительной диагностики, при котором меры могут ослабить внешние проявления проблемы, но одновременно усилить ее причины вследствие снижения доверия и роста воспринимаемой несправедливости. Другой крайностью является имитация контроля, когда наличие риска осознается, однако принятие решений откладывается [5, с. 54].

В российской научной традиции сохраняют значение экспертные методы диагностики и прогнозирования. В этой связи метод Дельфи, экспертные панели, ситуационный анализ, а также серия структурированных интервью и встреч с ключевыми участниками процесса принятия и реализации решений позволяют выявлять скрытые мотивации, пределы компромисса, потенциальные линии конфликта, возможные точки управленческого воздействия. Вместе с тем ценность экспертных методов проявляется только при соблюдении ряда процедурных требований. Так, состав экспертов должен быть достаточно разнообразным, формулировки вопросов поддаваться проверке, а результаты фиксироваться в виде сценариев и гипотез, которые в дальнейшем сопоставляются с наблюдаемыми данными. При несоблюдении этих условий экспертная оценка теряет аналитическую значимость.

Отдельное направление методик связано с моделированием и прогнозированием политических рисков. Для этого используются временные

ряды, событийные базы данных, индексы напряженности, модели распространения информации, а также имитационные модели, позволяющие оценивать возможные изменения поведения акторов в зависимости от различных вариантов управленческого воздействия. Вместе с тем применительно к российским условиям, на наш взгляд, ценность представляет выявление возможных сценариев его развития и условий их реализации. Сценарное планирование строится на выделении критических неопределенностей, определении ключевых управленческих решений и подготовке мер для различных вариантов развития ситуации.

Управление политическими рисками в современной России тесно связано с взаимодействием государства и бизнеса, прежде всего в сфере стратегических проектов, инфраструктуры, энергетики, крупных региональных программ и иных направлений. В научной литературе подчеркивается, что политический риск в подобных проектах обусловлен не только изменением правил, но и конфликтом целей, асимметрией информации, различием горизонтов планирования, различным пониманием допустимых издержек. Отсюда следует, что методика управления политическими рисками в данной сфере должна включать институциональные механизмы согласования интересов, формализованные процедуры коммуникации, предсказуемые способы разрешения споров, распределение ответственности сторон, а также раннее выявление рисков уже на стадии проектирования и заключения соглашений.

Внутриполитическое измерение политических рисков отчетливо проявляется в кризисные периоды, когда изменяется баланс полномочий, возрастает неопределенность и повышаются требования к скорости принятия решений. Политический риск нередко связан с неустойчивостью управленческой архитектуры в условиях перегрузки системы. В связи с этим методики управления должны включать заранее разработанные схемы координации, протоколы взаимодействия между уровнями власти, каналы обратной связи и механизмы публичного разъяснения принимаемых решений [2, с. 283].

При управлении политическими рисками важно учитывать поведение политико-административных элит. Если внимание сосредоточено прежде всего на формальных показателях, а не на реальных причинах напряженности, возникает подмена целей. Поэтому необходимы независимая проверка информации, разделение сбора данных и подготовки отчетов, а также такой порядок работы, при котором сигналы становятся основанием для корректировки политики, а не замалчиваются из-за опасения санкций. В противном случае контроль рисков теряет практический смысл.

Для современной России значимыми источниками политического риска выступают международная напряженность и санкционные ограничения. В этих

условиях политический риск носит комплексный характер, поскольку внешние воздействия опосредованно влияют на внутренние процессы через экономическое состояние, общественные ожидания, бюджетные ресурсы, информационные механизмы. В научной литературе подчеркивается, что глобальные вызовы повышают нагрузку на традиционные механизмы государственного управления и требуют повышения их адаптивности [2, с. 284].

На этом основании можно сделать вывод, что эффективное управление политическими рисками в современной России возможно только в формате целостной системы, которая способна объединить институциональный мониторинг, применение технологических инструментов, экспертизу, построение возможных сценариев, механизмы кризисного реагирования, а также обеспечивать обратную связь и организационное обучение.

Проведенный анализ показывает, что политические риски в современной России имеют многоуровневую и институционально обусловленную природу. Поэтому их эффективное снижение не может быть сведено к оценкам или реактивному реагированию на кризисные ситуации. Наиболее результативной представляется системная модель, объединяющая контроль на основе мониторинга, аналитическую диагностику причин, сценарное прогнозирование и управленческое воздействие. Устойчивость такой модели возрастает при условии верификации данных, учета поведенческих стимулов основных акторов и наличия обязательной обратной связи. В итоге управление политическими рисками следует рассматривать как непрерывный цикл профилактики, адаптации и организационного обучения, обеспечивающий предсказуемость управленческих решений и стабильность реализации государственной политики.

Список литературы:

1. Бордовских А.Н. Политические риски в условиях глобальных вызовов традиционным системам госуправления // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. – 2020. – № 1. – С. 63-73.
2. Демьянова А.А. Управление политическим риском (обострение внутриполитической ситуации в стране) на примере игнорирования проблем распределения социального времени // Форум молодых ученых. – 2021. – № 6 (58). – С. 281-285.
3. Мухаметов Д.Р. Политические риски и барьеры цифровизации // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2020. – № 4. – С. 58-64.
4. Родионов М.А. Управление рисками в деятельности политических элит // Этносоциум и межнациональная культура. – 2022. – № 7 (169). – С. 9-31.
5. Рожкова Н.А. Методология выявления политических рисков при правовом проектировании на основе неоинституционального подхода // Дискурс-Пи. – 2025. – № 3. – С. 52-68.

ОГЛАВЛЕНИЕ

МЕДИЦИНА. БИОЛОГИЯ 3

Ханныев Бегенч Черкезович

МЕТАФИЛАКТИКА МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ 3

Калабин Ю. В., Двинин Ж. С.

АССОЦИАЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ С МЫШЕЧНО-СКЕЛЕТНЫМИ ЖАЛОБАМИ У ВРАЧЕЙ-СТОМАТОЛОГОВ 9

Обухова К. А., Терентьев И. Г., Терентьев П. Е., Елехина Е. С.

ПОЛИМЕРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СЪЁМНОМ ПРОТЕЗИРОВАНИИ: ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, БИОСОВМЕСТИМОСТЬ, УХОД 15

Голубцова А. А., Фомина А. П., Прокудин А. М.

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ОСТЕОПОРОЗА: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАЖНЕНИЙ И ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 22

Толмачёва О. А., Воробьёв А. В., Фролов В. К.

АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА СРЕДИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕРЫ ЕГО ПРОФИЛАКТИКИ 30

Бокова А.О., Коновалова М.В., Хакимуллин Т.Ф.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИРКОНИЕВЫХ И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРОНОК 35

ТЕХНОЛОГИИ 41

Кольга М. А.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОЭС ВОСТОКА 41

Кольга М. А.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 49

Петров С. В.

АРХИТЕКТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ERP-ЛАНДШАФТА МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА: МЕТОДОЛОГИЯ МИГРАЦИИ С УПП НА КОМПЛЕКС УНФ, БП И ЗУП 54

Никкель К. Е.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ И НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ..... 61

Кенанов Сапаргулы, Годыков Перман, Язмедов Арслан

ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ BIM, ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ. 69

Байрамова Байрамгул, Нурыев Гурбангулы, Какамырадов Сердар

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ..... 80

Язбердиева Гурбанджемал, Мыратгулыев Ыклым, Бердимухаммедов Даянч

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ 89

Ходжадурдыева Язджемал, Атаев Язгелди, Бегалыев Ыхласмырат

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: АРХИТЕКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ 100

Гуртмырадов Керим, Ходжабердыев Ашыргелди, Бабаджанов Ресул

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, АВТОМАТИЗАЦИИ И УМНЫХ СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТОЙЧИВЫХ ЗДАНИЙ 111

Атаева Оразджемал, Аннагелдиев Мухаммет, Эрнепесова Махри

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РОЛЬ РОБОТИЗАЦИИ, IOT И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ..... 119

Курбанов Мухамметали, Мырадов Арслан, Мырадов Гапур

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА АРХИТЕКТУРНУЮ ФОРМУ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ОБЪЕКТОВ 129

Керимов Байрам, Аллабердиев Розыгелди, Овезмырадов Солтанмырат

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ "УМНЫХ" ЗДАНИЙ И ГОРОДОВ: АРХИТЕКТУРНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД..... 140

Комеков Комек, Башимова Йылдыз, Алымбаева Сурай

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА В ТУРКМЕНИСТАНЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ 150

Джумадурдыев Тиркеш, Сапаров Агамырат, Рахмедов Гайрат

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ И ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ 160

Тылланувров Ысламберди, Аннагелдиев Бегенч, Акмухаммедов Ахмет

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЦИФРОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РИСКИ, УГРОЗЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ . 170

Тылланувров Ысламберди, Мередова Джахансолтан, Баймухаммедов Дурдымухаммет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СНИЖЕНИИ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА..... 180

Авакян А. С., Козлов В. В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФРЕЙМВОРКОВ ANGULAR, REACT И VUE В РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ 190

Залилов Д. И., Козлов В. В.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРИВЫЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ..... 195

Сапунов А. С.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СПОРТЕ 201

Князева К. К., Водолаженко Р. А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ РОССИЙСКОГО И АЗИАТСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (КИТАЙ, КОРЕЯ)..... 208

Колязов К. А., Скитяева А. Н.

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНСИСТЕНТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В НЕСТАБИЛЬНЫХ СЕТЯХ 218

Денисова О. А., Решетникова В. Д.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БЛОКА ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ 222

Курбатова М. А., Ужахов Н. Л.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 230

Вешняков А. В., Васильева Е. О.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА В РАЙОНАХ С СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ..... 238

Казарин Р. Н., Кремлёва Э. Ш.

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА: НЕВИДИМЫЙ ПОМОЩНИК СИСТЕМНОГО АДМИНИСТРАТОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ 242

Цибикова Д. В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-МОШЕННИЧЕСТВА 250

Тужилкин А. В.

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ 256

Курбатова М. А., Ужахов Н. Л.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ..... 262

Никитина Ю. П.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ IT-ПРОЕКТАМИ 269
Колчин М.В., Першуков Т.С.
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВИБРАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 276
Личман У.А., Набиуллин Б.Ш.
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ: ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ... 294
ПЕДАГОГИКА И ПСИХОЛОГИЯ 300
Попова А. В.
ВЛИЯНИЕ СФОРМИРОВАННОСТИ НАВЫКА САМОКОНТРОЛЯ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМУ 300
Кунгурцева М. Д., Харченко О. С.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ВИДОВ СПОРТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ 304
Елисеева Е. В., Калашников В. А.
СРАВНЕНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ К.Д. УШИНСКОГО И В.А. СУХОМЛИНСКОГО: СХОДСТВО ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДВУХ ПЕДАГОГОВ ПРОШЛОГО 311
Лилит Багдасарян
ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕНДЕРНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ В СТАРШЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ 319
Тянь Хаожань
ИНТЕГРАЦИЯ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ АЛЬТИСТА 332
Ходорковская Т. В.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДПДГ-ТЕРАПИИ В КУПИРОВАНИИ ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ ТРЕВОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ У СОВЕРШЕННОЛЕТНИХ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАТИВНОГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ 337
Емельяненко М. Н.
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПЕРФЕКЦИОНИЗМА У ПОДРОСТКОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 342

Lopina A. V.
PROJECT ACTIVITIES IN RUSSIAN LANGUAGE LESSONS AS A MEANS OF DEVELOPING COGNITIVE AND RESEARCH ABILITIES IN YOUNGER SCHOOLCHILDREN 350
ОБЩЕСТВО 354
Огулдженнет Язмырадова
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ БИБЛИОТЕЧНЫХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВА ЗНАНИЙ 354
Алмаева В. В., Юркина Н. В.
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СПОРТА В ГОРОДЕ САМАРА 364
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ 375
Пивненко В. Ю.
ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЧЕМПИОНАТА МИРА ПО ФУТБОЛУ В РОССИИ 2018 НА ПАССАЖИРОПОТОК В АЭРОПОРТАХ 375
Пивненко В. Ю.
ВОЗДУШНЫЙ МОСТ МЕЖДУ КОНТИНЕНТАМИ: КАК РАЗВИВАЕТСЯ АВИАСОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ 388
Roman Jaiani
OPTIMIZATION OF COSTS AND TIMELINES IN TURNKEY APARTMENT RENOVATION PROJECTS: A SYSTEMATIC APPROACH TO MANAGING INVESTMENT CYCLES 398
Черепаха Д. Г.
ТАНЕЦ КАК НЕВЕРБАЛЬНЫЙ КОД КУЛЬТУРЫ: ОТРАЖЕНИЕ «ДУХА» ЛУГАНЩИНЫ В ХОРЕОГРАФИЧЕСКОМ ИСКУССТВЕ .. 415
Гончаренко У. А.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ПРОГРАММЫ ДОБРОВОЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ 419
Данич В. Н., Коваленко Т. И., Чаленко В. В., Родионов И. А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В ПРОИЗВОДСТВЕ, ТОРГОВЛЕ И ЛОГИСТИКЕ 428
Мусаева А. М.
РАЗВИТИЕ СФЕРЫ УСЛУГ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН 433
Тараненко Н. Н.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВВЕДЕНИЯ САНКЦИЙ В ОТНОШЕНИИ ЭКОНОМИКИ РФ 442
Тараненко Н. Н.
РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РФ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ..... 450
ФИЛОЛОГИЯ..... 461
Хандожко О. А.
КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕПТА «ДОБРО» 461
ГОСУДАРСТВО И ПРАВО..... 467
Мухаметзянов Р. А.
МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ 467