

ISSN 1997-9347

Components of Scientific and Technological Progress

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL



№ 3(117) 2026

Санкт-Петербург, 2026

Содержание

Технология и организация строительства

- Григорьев Д.В., Федоров С.С., Акташев К.А. Основные показатели эффективности применения комплексных систем управления строительством 6
- Румянцев Е.Ю., Лучкина В.В. Разработка и апробация методики формирования исполнительной документации с использованием цифровых технологий..... 11
- Румянцев Е.Ю., Лучкина В.В. Формирование исполнительной документации подрядной строительной организацией с использованием цифровых технологий..... 17
- Хубаев А.О., Голицын В.С., Макаrchук М.Р., Сидоренко Д.А. Сравнительный анализ методов усиления железобетонной колонны 23

Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия

- Massaquoi T.A., Dutsev M.V. Tourism Resources and the Built Environment of Freetown, Sierra Leone 32

Управление жизненным циклом объектов строительства

- Гулякин Д.В., Мартынова А.Д., Фурса Е.Д., Бучинская Е.Н. Системы ИИ для обеспечения безопасности на стройплощадке 39

Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды

- Кузнецов А.А., Голодаевская П.В., Авчянц А.С. Методы окклюзии в дополненной реальности: технические подходы, ограничения и влияние на эффективность операторов в промышленности 44
- Марьянских В.В., Пушмин П.С., Данько М.Ю., Остах С.В. Устойчивость режимов работы нагнетательных скважин при проведении работ по смене штуцеров 50

Менеджмент

- Сушенцов Л.В., Недельченко О.И. Развитие менеджмента в эпоху цифровых трансформаций: эволюция концепций и практик 60

Contents

Construction Technology and Management

- Grigoriev D.V., Fedorov S.S., Aktashev K.A.** Main Indicators of the Construction Management Systems Efficiency..... 6
- Rumyantsev E.Yu., Luchkina V.V.** Development and Approbation of a Methodology for Forming Executive Documentation Using Digital Technologies 11
- Rumyantsev E.Yu., Luchkina V.V.** Creation of Executive Documentation by a Contracting Construction Organization Using Digital Technologies..... 17
- Khubaev A.O., Golitsyn V.S., Makarchuk M.R., Sidorenko D.A.** Comparative Analysis of Reinforced Concrete Column Reinforcement Methods..... 23

Theory and History of Architecture, Restoration and Reconstruction of Historical and Architectural Heritage

- Массакои Т.Е., Дуцев М.В.** Туристические ресурсы и инфраструктура Фритауна, Сьерра-Леоне 32

Life Cycle Management of Construction Objects

- Gulyakin D.V., Martynova A.D., Fursa E.D., Buchinskaya E.N.** AI Systems for Ensuring Safety on the Construction Site..... 39

Methods and Devices for Monitoring and Diagnosing Materials, Products, Substances and the Natural Environment

- Kuznetsov A.A., Golodaevskaya P.V., Avchiyants A.S.** Occlusion Methods in Augmented Reality: Technical Approaches, Limitations and Impact on Operator Efficiency in Industry 44
- Maryinskikh V.V., Pushmin P.S., Danko M.Yu., Ostakh S.V.** Stability of Injection Well Operations During Choke Replacement..... 50

Management

- Sushentsov L.V., Nedelchenko O.I.** Management Development in the Era of Digital Transformations: Evolution of Concepts and Practices 60

УДК 004.62

Основные показатели эффективности применения комплексных систем управления строительством

Д.В. Григорьев, С.С. Федоров, К.А. Акташев

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: автоматизация; автоматическое формирование документации; анализ; информационное моделирование; объект капитального строительства; система управления строительством; строительство; цифровая информационная модель; электронная исполнительная документация.

Аннотация. Целью работы является определение ключевых показателей эффективности применения систем управления строительством – сред общих данных – на примере внедрения цифровых продуктов при строительстве кампуса в г. Нижний Новгород. Задачи: обзор функциональных возможностей систем и определение наиболее эффективных процессов в практике использования программных продуктов. Гипотеза исследования: поиск акцентов практического применения систем управления строительством путем выявления наиболее актуального функционала. Методы исследования: сбор данных, анализ, синтез и систематизация. В результате выполнения работы были выявлены наиболее востребованные на практике функциональные блоки и дана оценка эффективности функционала.

Традиционные подходы к управлению строительством и документообороту в отрасли связаны с оформлением обширного массива документации на бумажных носителях, требующей ручных подписей, виз и согласований. К таким документам относятся графики производства работ, разрешительная документация, исполнительно-техническая документация, проектная и рабочая документация, а также иная сопутствующая строительным процессам документация. Чем сложнее цепочка согласования, чем больше подписей требует каждый из этих документов, тем более продолжителен и затратен путь приведения документа к окончательному виду. Для сокращения временных, ресурсных затрат и оптимизации хранения документации на ряде объектов уже несколько лет применяется документация в электронном виде, которая хранится в средах общих данных [4].

Развитие электронных сред данных и документооборота в строительной отрасли помогает существенно повысить прозрачность процессов, упорядочить структуру докумен-

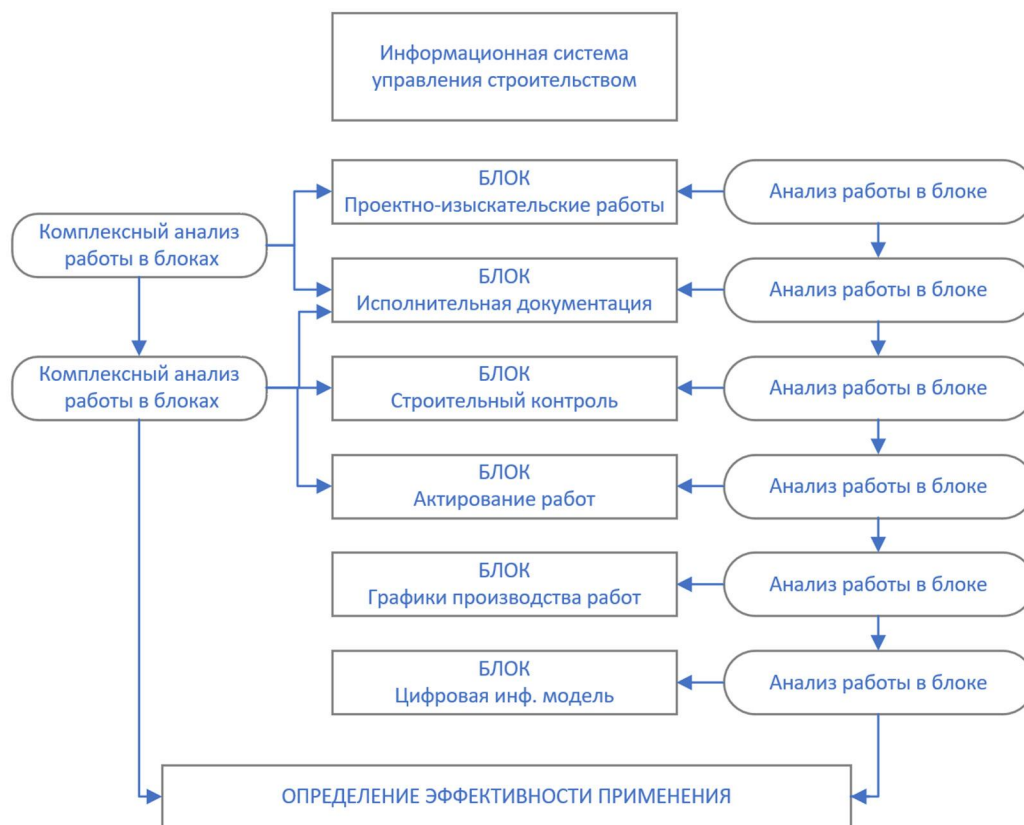


Рис. 1. Методологическая схема исследования

тации и облегчить управление и контроль строительных проектов [1]. Объединение всех участников проекта в едином информационном пространстве позволяет оперативно отслеживать ход работ, выявлять слабые места, оценивать риски и принимать корректирующие решения.

Анализ эффективности применения программных комплексов дает основание для тиражирования успешных практик на другие организации и объекты, а также выявляет направления для оптимизации функциональных возможностей систем.

Исследование проведено согласно методологической схеме на рис. 1.

Производился последовательный анализ блоков информационной системы, а также комплексный анализ работы в блоках в случае наличия смысловых и программных интеграционных связей между блоками.

К анализу был принят проект по созданию кампуса мирового уровня в г. Нижний Новгород. Это сложный и масштабный проект, предусматривающий строительство зданий в трех отдельных точках города. Объекты кампуса возводятся в несколько этапов. При его создании был взят курс на исключение бумажного документооборота и электронное хранение данных, переход на прогрессивные методы электронного взаимодействия всех участников строительства. Также целью является синхронизация отдельных частей и обеспечение функционирования всего комплекса как единой модели. Указанное стало предпосылками для ведения работы по кампусу с применением информационных систем управления строительством.

В целом на различных проектах складывается ситуация, что документация по отдель-

ным объектам ведется в различных блоках системы в зависимости от этапа проекта, на котором было принято решение об использовании информационной системы, и текущей стадии работ по созданию объекта.

При анализе информационной системы управления проектами применительно к выбранному проекту кампуса отмечено следующее.

В блоке проектно-изыскательских работ (**ПИР**) отмечена наибольшая активность участников строительных проектов. Проектные организации размещают проектную и рабочую документацию, запускают процессы согласования по выбираемым маршрутам, заказчики подписывают накладные о получении документации, размещают замечания, отправляя на доработку, согласовывают, передают рабочую документацию в производство работ подрядчикам. Таким образом, в данном блоке ведется активная работа, функционал используется в полном объеме и на практике полноценно замещает бумажный или электронный документооборот по ПИР через традиционные средства обмена данными. При этом достигаются преимущества в виде структурности размещения данных и прозрачности процессов согласования и приемки, наглядности статусов по документации, хранения, истории документооборота [2].

Блок исполнительной документации (**ИД**) обеспечивает ведение общего журнала работ в цифровом виде, формирование, согласование и подписание ИД. Внедрение данного функционала требует высокой степени вовлеченности со стороны инженеров ПТО подрядных организаций, специалистов строительного контроля, осуществляющих приемку работ, и ответственных лиц заказчиков. При успешной постановке процесса отмечено ускорение формирования и приемки ИД, исключение технических ошибок благодаря заполнению полей актов освидетельствования работ и других документов из предзаполненных параметров проекта в информационной системе. Практика применения данного блока на объектах кампуса складывается положительная, подрядчиками формируются комплекты исполнительной документации, передаются заказчику, происходит приемка работ.

Блок строительного контроля отвечает за функционал осуществления строительного контроля, формирование замечаний, вызов инспекции. Он тесно связан с блоком исполнительной документации и при успешном запуске последнего удачно разворачивается функционал стройконтроля в системе, сохраняется история замечаний и факт их устранения в электронном виде.

Блок активирования работ отвечает за формирование, согласование и подписание актов о приемке выполненных работ (по форме КС-2) и справок о стоимости выполненных работ (по форме КС-3). С помощью данного блока также возможна настройка механизмов контроля заказчика за реализацией проекта в части его финансовых показателей [3]. Заказчиком и подрядчиком в исследуемых проектах по созданию кампусов используется ограниченно, в основном по причине внедрения системы после начала строительномонтажных работ и работой участников по своим принятым ранее стандартам.

В блоке графиков производства работ обеспечивается работа по календарному планированию проектов с возможностью визуализации данных и анализа проектов. Блок представляет собой гибкий инструмент по планированию, анализу хода работ и выполнения объемов, управлению трудозатратами. Можно отметить его прикладное значение для всех стадий жизненного цикла проекта, фактическое использование сильно зависит от организации процессов планирования внутри участников строительства и при взаимодействии между ними.

Блок цифровых информационных моделей (**ЦИМ**) обеспечивает реализацию технологий информационного моделирования при создании объектов, предоставляет инстру-

менты хранения и проверки моделей, служит источником данных. Так как требование по созданию ЦИМ на всех стадиях жизненного цикла является обязательным при создании кампусов мирового уровня, система активно используется для хранения моделей, их проверки и визуализации элементов объектов, а также последующей передаче и интеграции их в систему цифровой эксплуатации.

Применение комплексных систем управления строительством позволяет сократить или вовсе устранить ряд проблем, стоящих перед участниками процессов проектирования и строительного производства.

Такие системы позволяют собрать всех участников строительства в единый контур и осуществить отладку их взаимодействия между собой, наделяя их правами согласно их ролям и выстраивая маршруты движения документации и бизнес-процессы.

Определен функционал, который оказался востребован в рамках рассматриваемого проекта и доказал свою эффективность при использовании.

В части проектно-изыскательских работ – это создание единого информационного пространства, размещение документации в нем, осуществление передачи документации и ее согласования заказчиком, просмотр документации, выявление актуальных версий, привязка заключений экспертизы, выдача рабочей документации в производство работ. При этом дополнительное повышение эффективности было получено за счет решения проблем по коллизиям в документах, излишне длинным цепочкам согласований и срывам сроков.

В части исполнительной документации и строительного контроля – это работа в едином реестре онлайн, связь с проектной и рабочей документацией, электронные журналы, уход от бумажного документооборота, подписание актов и предписаний ЭЦП, сохранение истории согласования, что в итоге приводит к экономии времени на формирование, проверку и согласование исполнительной документации и на выдачу и отработку предписаний. Также на эффективности процесса отображается исключение ошибок ручного ввода информации в документах, отсутствие необходимости в очном поиске подписантов, так как весь процесс происходит онлайн.

В части цифровых информационных моделей – это их хранение, поддержка версии и средства автоматизированной проверки.

По всем анализируемым блокам необходимо отметить положительный эффект систематизации процессов, повышение возможной скорости реакции на изменения по проекту благодаря единому информационному полю и наглядности информации.

Литература

1. Городнова, Н.В. Применение BIM-технологий в цифровой экономике: мировой опыт и российская практика / Н.В. Городнова, В.А. Лемеза // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12. – № 8. – С. 2241–2260.

2. Железнов, М.М. Обработка замечаний экспертизы с использованием среды общих данных (СОД) / М.М. Железнов, С.Д. Казаков // Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 11. – № 1.

3. Каракозова, И.В. Создание информационной среды для объектов строительства / И.В. Каракозова, Ю.С. Прохорова // Экономика и управление. – 2021. – № 12(194).

4. Савенко, А.И. Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM / А.И. Савенко, П.В. Черенков // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2019. – № 2.

5. Казаков, С.Д. Частотный анализ проектной цифровой информационной модели учебного корпуса / С.Д. Казаков, С.С. Федоров, Д.А. Корнев, Р.А. Гатиатуллина // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94).

References

1. Gorodnova, N.V. Primenenie BIM-tehnologij v tsifrovoj ekonomike: mirovoj opyt i rossijskaya praktika / N.V. Gorodnova, V.A. Lemeza // Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo. – 2022. – Т. 12. – № 8. – С. 2241–2260.
2. ZHeleznov, M.M. Obrabotka zamechanij ekspertizy s ispolzovaniem Sredy Obshchikh Dannyx (SOD) / M.M. ZHeleznov, S.D. Kazakov // Stroitelstvo i arkhitektura. – 2023. – Т. 11. – № 1.
3. Karakozova, I.V. Sozdanie informatsionnoj sredy dlya obektov stroitelstva / I.V. Karakozova, YU.S. Prokhorova // Ekonomika i upravlenie. – 2021. – № 12(194).
4. Savenko, A.I. Sreda obshchikh dannyx pri realizatsii stroitelnykh obektov s primeneniem BIM / A.I. Savenko, P.V. CHerenkov // SAPR i GIS avtomobilnykh dorog. – 2019. – № 2.
5. Kazakov, S.D. CHastotnij analiz proektnoj tsifrovoj informatsionnoj modeli uchebnogo korpusa / S.D. Kazakov, S.S. Fedorov, D.A. Kornev, R.A. Gatiatullina // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4(94).

Main Indicators of the Construction Management Systems Efficiency

D.V. Grigoriev, S.S. Fedorov, K.A. Aktashev

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: construction management system; electronic as-built documentation; automatic documentation generation; capital construction object; automation; construction; building information model; information modeling; analysis.

Abstract. The purpose of the study is to specify the key performance indicators of the application of construction management systems – common data environment – using the example of the implementation of digital products during the construction of the campus in Nizhny Novgorod. The objectives are to review the functionality of the systems and identify effective processes in the practice of using software products. The hypothesis is to identify the most relevant functions for the practical application of construction management systems. Research methods included data collection, analysis, synthesis and systematization. As a result of the work, the most popular functional blocks were identified in practice, and the effectiveness of the functionality was assessed.

© Д.В. Григорьев, С.С. Федоров, К.А. Акташев, 2026

УДК 69.003.13

Разработка и апробация методики формирования исполнительной документации с использованием цифровых технологий

Е.Ю. Румянцев, В.В. Лучкина

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: исполнительная документация; методика внедрения; программный комплекс; строительство; цифровизация; экономическая эффективность.

Аннотация. Цель исследования – разработка и апробация методики формирования исполнительной документации подрядной строительной организацией с использованием цифровых технологий на реальном объекте капитального строительства.

Задачи исследования: разработать алгоритм внедрения цифровых технологий формирования исполнительной документации; провести апробацию методики на реальном объекте; оценить эффективность внедрения по системе показателей; рассчитать экономический эффект и срок окупаемости; разработать рекомендации по масштабированию.

Гипотеза исследования: внедрение разработанной методики позволит сократить трудозатраты на 40–60 %, снизить количество ошибок на 70–80 % и обеспечить срок окупаемости инвестиций менее 6 месяцев.

Методы исследования: системный анализ, сравнительный анализ, экспертные оценки, экономико-математическое моделирование, натурный эксперимент.

Результаты: разработана методика, включающая 5 этапов внедрения; проведена апробация на объекте стоимостью 135 млн руб.; достигнуто сокращение времени согласования на 76 %, снижение ошибок на 80 %, трудозатрат – на 60 %; срок окупаемости составил 2 месяца; *NPV* за 3 года – 9,7 млн руб.; индекс рентабельности – 14,87.

На основе проведенных исследований разработана методика формирования исполнительной документации подрядной строительной организацией с использованием циф-

Таблица 1. Основные параметры объекта

№	Параметр	Значение
1	Заказчик	ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» Филиал «Аэронавигация Северо-Восточной Сибири»
2	Подрядчик	ООО «Капиталстрой»
3	Стройконтроль	ООО «ЦИЭС»
4	Авторский надзор	ООО «РИК Инжиниринг»
5	Местоположение	Россия, Республика Саха (Якутия), с. Жиганск, район Аэропорта
6	Стоимость СМР	135 000 000 руб.
7	Срок строительства	8 месяцев
8	Прогнозируемый объем ИД	850 документов
9	Количество участников	1 подрядчик

ровых технологий. Методика включает алгоритм внедрения, организационную модель и регламенты взаимодействия участников строительства.

Апробация разработанной методики проведена на объекте капитального строительства «Установка радиомаяка *DVOR2000/DME/N2700* на аэродроме Жиганск филиала «Аэронавигация Северо-Восточной Сибири».

Объект представляет собой комплекс радионавигационного оборудования для обеспечения безопасности полетов воздушных судов. Строительство осуществляется в условиях удаленного региона с экстремальными климатическими условиями, что предъявляет особые требования к организации процессов формирования и согласования исполнительной документации.

Этапы внедрения системы включают: подготовительный этап (2–4 недели) – аудит процессов, определение требований, формирование рабочей группы и разработка ТЗ; выбор и приобретение ПО (4–6 недель) – анализ решений, оценка, тестирование и заключение договоров; внедрение системы (8–12 недель) – установка, настройка, интеграция, миграция данных и опытная эксплуатация; обучение персонала (4–6 недель) – разработка программ, проведение обучения, аттестация и создание базы знаний; промышленную эксплуатацию – постоянный мониторинг эффективности, обновление системы, техническая поддержка и масштабирование на другие объекты.

Проведен сравнительный анализ показателей до и после внедрения методики.

1. Временные показатели – достигнуто существенное сокращение времени на всех этапах формирования ИД. Наибольший эффект получен при согласовании документов (сокращение на 76 %), что связано с автоматизацией маршрутизации и применением электронных подписей.

2. Качественные показатели – снижение доли ошибок на 80 % обусловлено автоматическими проверками комплектности и корректности заполнения реквизитов. Сокращение количества итераций согласования с 3–4 до 1–3 свидетельствует о повышении качества подготовки документов.

3. Экономические показатели – сокращение трудозатрат на 60 % (с 320 до 128 чел.ч/мес) позволило высвободить ресурсы для других задач. Снижение затрат на расходные материалы на 82 % связано с переходом на электронный документооборот.

4. Организационные показатели – достижение 98 % доли электронных документов и

Таблица 2. Структура затрат на внедрение цифровых технологий

№	Статья затрат	Единица измерения	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.	Доля, %
1	Лицензия ПК «Адепт» (1 год, 15 пользователей)	лицензия	1	400 000	400 000	57,1
2	Обучение персонала	чел.	12	15 000	180 000	25,7
3	Техническая поддержка и настройка	услуга	1	80 000	80 000	11,4
4	Прочие расходы (оборудование, расходные материалы)	–	–	–	40 000	5,8
Итого					700 000	100

круглосуточной доступности информации значительно повысило оперативность принятия управленческих решений.

Чтобы провести расчет затрат на внедрение предлагаемой методики ведения исполнительной документации, рассмотрим основные структуры затрат (табл. 2).

Расчет экономии от внедрения.

1. Базовые затраты на ведение ИД (традиционный подход):

$$Z_{\text{бумажный}} = C_{\text{СМР}} \times B_{\text{ИД}},$$

где $C_{\text{СМР}}$ – стоимость СМР = 135 млн руб.; $B_{\text{ИД}}$ – доля затрат на ведение ИД от стоимости СМР = 0,052 (5,2).

$$Z_{\text{бумажный}} = 135\,000\,000 \times 0,052 = 7\,020\,000 \text{ руб.}$$

2. Затраты на ведение ИД после внедрения:

$$Z_{\text{цифровой}} = C_{\text{СМР}} \times C_{\text{ИД}},$$

где $C_{\text{СМР}}$ – стоимость СМР = 135 млн руб.; $C_{\text{ИД}}$ – доля затрат после внедрения = 0,021 (2,1).

$$Z_{\text{цифровой}} = 135\,000\,000 \times 0,021 = 2\,835\,000 \text{ руб.}$$

3. Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = Z_{\text{бумажный}} - Z_{\text{цифровой}} = 7\,020\,000 - 2\,835\,000 = 4\,185\,000 \text{ руб.}$$

Расчет показателей экономической эффективности.

1. Простой срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I_0}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{700\,000}{4\,185\,000} = 0,167 \approx 2 \text{ мес.}$$

Таблица 3. Рекомендации по масштабированию методики на другие объекты ООО «Капиталстрой»

№	Категория объектов	Версия ПК	Пользователи	Обучение	Срок внедрения
1	До 50 млн руб.	Облачная (минимальная)	3–5	16 часов	2–3 месяца
2	50–200 млн руб.	Полнофункциональная с BIM	10–15	40 часов	4–6 месяцев
3	Более 200 млн руб.	Корпоративная с аналитикой	20+	60 часов	6–8 месяцев

2. Чистый дисконтированный доход (NPV) за 3 года:

$$NPV = \sum_{t=1}^3 \frac{\Theta_t}{(1+r)^t} - I_0,$$

где $\Theta_t = 4\,185\,000$ руб. – экономия в году t ; $r = 0,10$ (10 %) – ставка дисконтирования.

$$NPV = \frac{4185000}{1,1} + \frac{4185000}{1,21} + \frac{4185000}{1,331} - 700000 = 9707438 \text{ руб.}$$

3. Индекс рентабельности:

$$PI = \frac{NPV + I_0}{I_0} = \frac{9707438 + 700000}{700000} = 14,87.$$

4. Внутренняя норма доходности (IRR):

при $NPV = 0$

$$\sum_{t=1}^3 \frac{4185000}{(1+IRR)^t} = 700000.$$

Решая уравнение численным методом, получим $IRR \approx 590\%$.

На основе успешного опыта внедрения на объекте «Установка радиомаяка DVOR2000/DME/N2700» разработаны рекомендации по масштабированию методики на другие объекты ООО «Капиталстрой» (табл. 3).

Литература

1. Ассоциация строительных организаций России (АСО). Исследование эффективности цифровизации документооборота в строительных компаниях. – М. : АСО, 2022. – 156 с.
2. ГОСТ Р 70108-2022. Исполнительная документация в строительстве. Общие требования к составу и оформлению. – М. : Стандартинформ, 2022. – 45 с.

3. ГОСТ Р 70108-2025. Исполнительная документация в строительстве. Требования к электронному формату. – М. : Стандартинформ, 2024. – 52 с.
4. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам применения технологий информационного моделирования в сфере строительства : Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331.
5. Об утверждении Порядка ведения исполнительной документации в электронном виде : Приказ Минстроя России от 16.05.2023 № 344/пр.
6. Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р.
7. Синенко, С.А. Проблемы совершенствования подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях / С.А. Синенко, И.Н. Дорошина, М.А. Гнатур // Вестник МГСУ. – 2021. – № 2. – С. 112–120.
8. Томская домостроительная компания (ТДСК). Отчет о внедрении системы управления исполнительной документацией «Адепт». – Томск : ТДСК, 2023. – 64 с.
9. Eastman, C. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors : 3rd ed. / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2018. – 648 p.
10. Hardin, B. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows : 2nd ed. / B. Hardin, D. McCool. – Indianapolis : Wiley, 2015. – 384 p.

References

1. Assotsiatsiya stroitelnykh organizatsij Rossii (ASO). Issledovanie effektivnosti tsifrovizatsii dokumentooborota v stroitelnykh kompaniyakh. – М. : ASO, 2022. – 156 s.
2. GOST R 70108-2022. Ispolnitelnaya dokumentatsiya v stroitelstve. Obshchie trebovaniya k sostavu i oformleniyu. – М. : Standartinform, 2022. – 45 s.
3. GOST R 70108-2025. Ispolnitelnaya dokumentatsiya v stroitelstve. Trebovaniya k elektronnomu formatu. – М. : Standartinform, 2024. – 52 s.
4. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам применения технологий информационного моделирования в сфере строительства : Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331.
5. Об утверждении Порядка ведения исполнительной документации в электронном виде : Приказ Минстроя России от 16.05.2023 № 344/пр.
6. Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р.
7. Синенко, С.А. Проблемы совершенствования подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях / С.А. Синенко, И.Н. Дорошина, М.А. Гнатур // Вестник МГСУ. – 2021. – № 2. – С. 112–120.
8. Томская домостроительная компания (ТДСК). Отчет о внедрении системы управления исполнительной документацией «Адепт». – Томск : ТДСК, 2023. – 64 с.

Development and Approbation of a Methodology for Forming Executive Documentation Using Digital Technologies

E.Yu. Rumyantsev, V.V. Luchkina

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: executive documentation; digitalization; implementation methodology; software system; economic efficiency; construction.

Abstract. The research objective is development and approbation of a methodology for forming executive documentation by a contracting construction organization using digital technologies at a real capital construction facility.

Research tasks are to develop an algorithm for implementing digital technologies for ED formation; conduct approbation of the methodology at a real facility; evaluate implementation efficiency using a system of indicators; calculate economic effect and payback period; develop recommendations for scaling.

Research hypothesis assumes that implementation of the developed methodology will reduce labor costs by 40–60 %, reduce the number of errors by 70–80 %, and ensure an investment payback period of less than 6 months.

Research methods included system analysis, comparative analysis, expert assessments, economic-mathematical modeling, field experiment.

Results are as follows: a methodology was developed including 5 implementation stages; approbation was conducted at a facility worth 135 million rubles; approval time was reduced by 76 %, errors by 80 %, labor costs by 60 %; payback period was 2 months; NPV for 3 years – 9.7 million rubles; profitability index – 14.87.

© Е.Ю. Румянцев, В.В. Лучкина, 2026

УДК 69.003.13

Формирование исполнительной документации подрядной строительной организацией с использованием цифровых технологий

Е.Ю. Румянцев, В.В. Лучкина

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: исполнительная документация; программные комплексы; строительство; цифровизация; электронный документооборот; BIM-технологии.

Аннотация. Цель исследования – разработка научно обоснованных рекомендаций по формированию исполнительной документации подрядной строительной организацией с использованием цифровых технологий.

Задачи исследования: провести анализ традиционных и цифровых подходов к ведению исполнительной документации; выполнить наукометрический анализ публикаций за 2015–2025 гг.; провести SWOT-анализ факторов внедрения цифровых технологий; сформулировать и обосновать научную гипотезу.

Гипотеза исследования: использование методики формирования исполнительной документации с применением цифровых технологий позволит сократить трудозатраты на 40–60 % и снизить количество ошибок на 70–80 %.

Методы исследования: наукометрический анализ, сравнительный анализ программных комплексов, метод экспертных оценок, SWOT-анализ.

Результаты: проанализировано 1852 публикации ($CAGR = 28,7\%$); выявлены ведущие научные центры (НИУ МГСУ – 18,4 %, СПбГАСУ – 12,2 %); проведен сравнительный анализ 9 программных комплексов; SWOT-анализ определил стратегическую позицию в квадранте «Агрессивного роста»; гипотеза подтверждена расчетами – сокращение трудозатрат составляет 50 %, снижение ошибок – 75 %.

Строительная отрасль Российской Федерации переживает период активной цифровой трансформации. Исполнительная документация (ИД) представляет собой комплекс до-

Таблица 1. Сравнительный анализ традиционного и цифрового подходов

№	Параметр	Традиционный	Цифровой	Улучшение
1	Время оформления	100 %	30 %	70 %
2	Количество ошибок	100 %	20 %	80 %
3	Затраты на ведение ИД	3–7 % от СМР	1,2–2,8 %	40–60 %
4	Скорость согласования	5–10 дней	1–2 дня	3–5 дней
5	Риск потери документов	Высокий	Минимальный	Существенное

Таблица 2. Тематическая структура исследований

№	Тема	Доля, %
1	<i>ВМ</i> -технологии	34,0
2	Электронный документооборот	28,0
3	Нормативно-правовое регулирование	18,0
4	Экономическая эффективность	12,0
5	Программное обеспечение	8,0

Таблица 3. Ведущие научные центры

№	Научный центр	Доля, %
1	НИУ МГСУ	34,0
2	СПбГАСУ	28,0
3	УрФУ	18,0
4	МГТУ им. Баумана	12,0

кументов, отражающих фактическое исполнение проектных решений при строительстве объектов капитального строительства.

Актуальность исследования обусловлена противоречием между необходимостью перехода на цифровые технологии и недостаточной разработанностью методического обеспечения данного процесса [14]. Согласно данным Минстроя России, более 35 % нарушений на строительных объектах связаны с ненадлежащим ведением ИД [10]. Затраты на формирование ИД традиционными методами составляют 3–7 % от стоимости строительно-монтажных работ [1].

Важность проблемы подтверждается нормативными актами: Постановлением Правительства РФ № 331 [11], Распоряжением № 3268-р [13], Приказом Минстроя № 344/пр [12].

Цифровая трансформация строительной отрасли, являясь одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации, обуславливает необходимость комплексного переосмысления традиционных процессов управления строительными проектами. Особое внимание в рамках научно-исследовательских работ уделяется проблематике формирования исполнительной документации, представляющей собой критически важный элемент системы строительного контроля и обеспечения качества возво-

Таблица 4. Сравнительный анализ ПК

№	ПК	Тип	Стоимость, тыс. руб./год	BIM	Облако
1	Адепт	Специализированный	300–500	✓	✓
2	ЦУС	Специализированный	400–600	●	✓
3	EXON.ИТД	Специализированный	250–400	X	X
4	1С	Универсальный	500–1 000	✓	●
5	Revit	BIM-платформа	600–1 000	✓	✓

Условные обозначения: ✓ – соответствует; ● – частично; X – не соответствует.

димых объектов капитального строительства.

Для оценки состояния научных исследований в области цифровизации исполнительной документации проведен наукометрический анализ публикаций за период 2015–2025 гг.

Выбор периода с 2015 по 2025 год для наукометрического анализа обусловлен тем, что именно в 2015 году стартовала масштабная цифровизация строительной отрасли России: было положено начало системной реализации BIM-технологий через запуск пилотных проектов и вышло Постановление Правительства РФ № 1236, которое запретило государственным органам закупать иностранное программное обеспечение при наличии отечественных аналогов, что дало мощный импульс развитию российских IT-решений для строительной документации и способствовало формированию независимой технологической базы для цифровизации отрасли.

Проведен анализ программных комплексов (табл. 4).

Вывод: Ни один программный комплекс не обеспечивает 100 % соответствия ГОСТ Р 70108-2025 [6]. Наиболее полное соответствие – «Адепт», «ЦУС».

Проведен SWOT-анализ с привлечением 25 экспертов (коэффициент компетентности: 0,834).

Сильные стороны (S):

- S1. Сокращение трудозатрат на 40–60 % – оценка 9,2;
- S2. Снижение ошибок до 80 % – оценка 8,9;
- S3. Сокращение времени до 70 % – оценка 8,5;
- S4. Мгновенный доступ к информации и документам – оценка 7,8;
- S5. Автоматизация согласования документов – оценка 7,5;
- S6. Минимизация риска потери документов – оценка 7,1;
- S7. Интеграция с BIM-технологиями – оценка 6,8;
- S8. Прослеживаемость изменений и версионирование – оценка 6,5.

Слабые стороны (W):

- W1. Высокая стоимость внедрения – оценка 8,7;
- W2. Недостаточная квалификация персонала – оценка 8,3;
- W3. Отсутствие единых методик – оценка 7,9;
- W4. Ограниченная интеграция с государственными ИС – оценка 7,5;
- W5. Зависимость от интернет-соединения (облачные решения) – оценка 7,1;
- W6. Необходимость инвестиций в обучение персонала – оценка 6,8;
- W7. Неполное соответствие ПК требованиям ГОСТ Р 70108-2025 – оценка 6,5;
- W8. Сложность миграции данных из традиционных систем – оценка 6,2.

Таблица 5. Доказательство сокращения трудозатрат

№	Показатель	Формула	Значение
1	Текущие трудозатраты	$C_{\text{труд.тек}} = V_{\text{СМР}} \times K_{\text{трудозатрат}}$ $25\,000\,000\,000 \times 0,05$	125 000 000 руб./год
2	Сокращение	$\Delta C_{\text{труд}} = C_{\text{труд.тек}} \times n_{\text{сокращение}}$ $125\,000\,000 \times 0,50$	62 500 000 руб./год
3	Относительное сокращение	$\Delta C_{\text{труд}} / C_{\text{труд.тек}} \times 100 \%$	50 % (диапазон 40–60 %)

Таблица 6. Доказательство снижения ошибок

№	Показатель	Формула	Значение
1	Текущее количество ошибок	$N_{\text{ошибок}} = N_{\text{док}} \times K_{\text{ошибок}} \times 2,5$ $1\,500 \times 0,30 \times 2,5$	1125 ошибок/год
2	Снижение	$\Delta N_{\text{ошибок}} = N_{\text{ошибок}} \times n_{\text{снижение}}$ $1\,125 \times 0,75$	844 ошибки/год
3	Относительное снижение	$\Delta N_{\text{ошибок}} / N_{\text{ошибок}} \times 100\%$	75 % (диапазон 70–80 %)

Возможности (О):

О1. Государственная поддержка – оценка 77,35;

О2. Переход на электронный формат для 50 % госзаказа – оценка 76,56;

О5. Снижение затрат на ведение ИД с 3–7 % до 1,2–2,8 % от СМР – оценка 72,98;

О4. Рост рынка ВМ-технологий – оценка 68;

О3. Развитие отечественного ПО – оценка 63,96;

О8. Окупаемость внедрения за 14 месяцев – оценка 60;

О6. Интеграция с ИСУП Минстроя и ГИСОГД – оценка 56,16;

О7. Применение технологий ИИ для автоматизации – оценка 48,75.

Угрозы (Т):

Т1. Изменения НПА – оценка 75,65;

Т2. Риски кибербезопасности – оценка 68,64;

Т8. Соппротивление персонала организационным изменениям – оценка 64,78;

Т6. Отсутствие единых стандартов обмена данными – оценка 61,5;

Т5. Рост затрат на ПО для малых подрядчиков – оценка 57,6;

Т4. Уход иностранных вендоров с российского рынка – оценка 53,04;

Т3. Ужесточение требований к электронной подписи – оценка 48,75;

Т7. Снижение экономической активности в отрасли – оценка 44,64.

Стратегическая позиция: организация находится в квадранте «Агрессивного роста» ($X = +0,045$, $Y = +0,058$), что рекомендует приоритетную реализацию S-O стратегий.

Доказательство гипотезы сведено в табл. 5 и 6.

Вывод: гипотеза подтверждена – сокращение трудозатрат 40–60 %, снижение ошибок 70–80 %.

Проведенный анализ показал высокую актуальность проблемы цифровизации формирования ИД. Наукометрический анализ выявил устойчивый рост публикационной активности ($CAGR = 28,7 \%$). SWOT-анализ подтвердил благоприятные условия для внедрения

цифровых технологий. Научная гипотеза о сокращении трудозатрат на 40–60 % и снижении ошибок на 70–80 % подтверждена расчетами и требует практической апробации.

Литература

1. Ассоциация строительных организаций России (АСО). Исследование эффективности цифровизации документооборота в строительных компаниях. – М. : АСО, 2022. – 156 с.
2. ГОСТ Р 70108-2022. Исполнительная документация в строительстве. Общие требования к составу и оформлению. – М. : Стандартинформ, 2022. – 45 с.
3. ГОСТ Р 70108-2025. Исполнительная документация в строительстве. Требования к электронному формату. – М. : Стандартинформ, 2024. – 52 с.
4. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам применения технологий информационного моделирования в сфере строительства : Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331.
5. Об утверждении Порядка ведения исполнительной документации в электронном виде : Приказ Минстроя России от 16.05.2023 № 344/пр.
6. Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р.
7. Синенко, С.А. Проблемы совершенствования подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях / С.А. Синенко, И.Н. Дорошина, М.А. Гнатусь // Вестник МГСУ. – 2021. – № 2. – С. 112–120.
8. Томская домостроительная компания (ТДСК). Отчет о внедрении системы управления исполнительной документацией «Адепт». – Томск : ТДСК, 2023. – 64 с.
9. Eastman, C. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors : 3rd ed. / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2018. – 648 p.
10. Hardin, B. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows : 2nd ed. / B. Hardin, D. McCool. – Indianapolis : Wiley, 2015. – 384 p.

References

1. Assotsiatsiya stroitelnykh organizatsij Rossii (ASO). Issledovanie effektivnosti tsifrovizatsii dokumentooborota v stroitelnykh kompaniyakh. – M. : ASO, 2022. – 156 s.
2. GOST R 70108-2022. Ispolnitelnaya dokumentatsiya v stroitelstve. Obshchie trebovaniya k sostavu i oformleniyu. – M. : Standartinform, 2022. – 45 s.
3. GOST R 70108-2025. Ispolnitelnaya dokumentatsiya v stroitelstve. Trebovaniya k elektronnomu formatu. – M. : Standartinform, 2024. – 52 s.
4. O vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitelstva Rossijskoj Federatsii po voprosam primeneniya tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya v sfere stroitelstva : Postanovlenie Pravitelstva RF ot 05.03.2021 № 331.
5. Ob utverzhenii Poryadka vedeniya ispolnitelnoj dokumentatsii v elektronnom vide : Prikaz Ministroya Rossii ot 16.05.2023 № 344/pr.
6. Ob utverzhenii Strategii razvitiya stroitelnoj otrasli i zhilishchno-kommunalnogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda s prognozom do 2035 goda : Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 31.10.2022 № 3268-r.

7. Sinenko, S.A. Problemy sovershenstvovaniya podgotovki ispolnitelnoj dokumentatsii po vozvedeniyu zdaniy i sooruzhenij v sovremennykh usloviyakh / S.A. Sinenko, I.N. Doroshina, M.A. Gnatus // Vestnik MGSU. – 2021. – № 2. – S. 112–120.

8. Tomskaya domostroitel'naya kompaniya (TDSK). Otchet o vnedrenii sistemy upravleniya ispolnitelnoj dokumentatsiej «Adept». – Tomsk : TDSK, 2023. – 64 s.

Creation of Executive Documentation by a Contracting Construction Organization Using Digital Technologies

E.Yu. Rumyantsev, V.V. Luchkina

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: executive documentation; digitalization; construction; BIM technologies; electronic document management; software systems.

Abstract. The research objective is development of scientifically substantiated recommendations for the formation of as-built documentation by a contracting construction organization using digital technologies.

Research tasks are to analyze traditional and digital approaches to maintaining as-built documentation; perform scientometric analysis of publications for 2015–2025; conduct SWOT analysis of digital technology implementation factors; formulate and substantiate the scientific hypothesis.

Research hypothesis assumes that the use of a methodology for forming as-built documentation using digital technologies will reduce labor costs by 40–60 % and reduce the number of errors by 70–80 %.

Research methods include scientometric analysis, comparative analysis of software systems, expert assessment method, SWOT analysis.

Results are as follows: 1,852 publications analyzed (CAGR = 28.7 %); leading research centers identified (NRU MGSU – 18.4 %, SPbGASU – 12.2 %); comparative analysis of 9 software systems conducted; SWOT analysis determined strategic position in the “Aggressive Growth” quadrant; hypothesis confirmed by calculations – labor cost reduction is 50 %, error reduction is 75 %.

© Е.Ю. Румянцев, В.В. Лучкина, 2026

УДК 624.012.45

Сравнительный анализ методов усиления железобетонной колонны

А.О. Хубаев, В.С. Голицын, М.Р. Макарчук, Д.А. Сидоренко

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: внешнее армирование; метод *NSM*; метод *EBR*; обследование; реконструкция; строительные конструкции; усиление; усиление конструкций; усиление конструкций композитными материалами.

Аннотация. Работа посвящена сравнению методов усиления колонн. В статье рассматриваются наиболее распространенные способы усиления колонн в Российской Федерации без изменения расчетной схемы усиливаемых конструкций здания, приводятся ключевые организационно-технологические параметры применения рассматриваемых способов усиления железобетонных колонн, осуществляется сравнение методов на основе проведенного теоретического эксперимента при расчете и подборе усиления колонны в ранжировании с приходящейся на нее нагрузкой. В рамках исследования выдвигается гипотеза: существующие методы усиления железобетонных колонн обладают различной степенью организационно-технологической и экономической эффективности. Целью исследования является повышение эффективности усиления железобетонных конструкций, работающих на сжатие. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: провести теоретический эксперимент, в рамках которого осуществить технико-экономическое сравнение методов усиления конструкции, и по результатам данного сравнения определить наиболее эффективный метод усиления на основе выделенных параметров. В результате проведенной в исследовании работы было осуществлено технико-экономическое обоснование эффективности различных методов усиления колонн, была определена ранжировка методов по эффективности.

Введение

Рациональной выбор того или иного метода усиления железобетонных конструкций

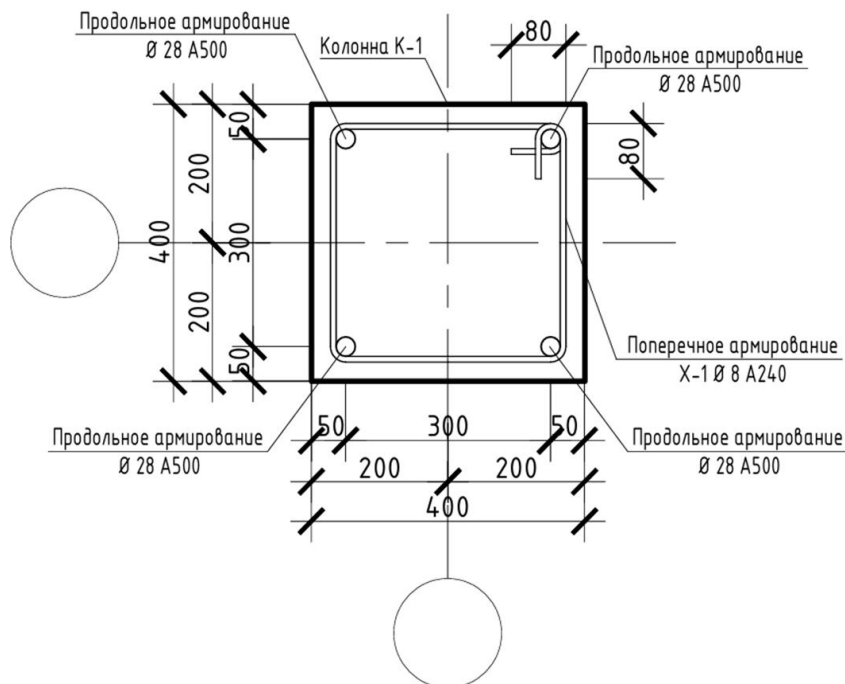


Рис. 1. Сечение колонны, подлежащей усилению в рамках теоретического эксперимента

основывается на сравнении ключевых организационных и технологических аспектов и параметров методов как критериев выбора в зависимости от условий ведения работ по монтажу усиления. В каждом отдельном случае по проектированию усиления железобетонных конструкций или восстановления их несущей способности должны разрабатываться и анализироваться одновременно несколько вариантов технических решений с последующим сравнением их технико-экономических показателей. Следует выделить следующие ключевые аспекты методов усиления железобетонных конструкций на основе проанализированной литературы [5–10]: прирост несущей способности конструкции за счет усиления; материалоемкость системы усиления; трудовые затраты на монтаж системы усиления; технологическая сложность производства работ по монтажу; сметная стоимость системы усиления; накладные расходы и сметная прибыль подрядной организации при ведении работ; удельные денежные вложения на прирост несущей способности; временные затраты, выделяемые на монтаж.

Планирование теоретического эксперимента

В качестве усиливаемой конструкции была принята колонна 5-этажного больничного учреждения, расположенного в г. Москве, колонна находится в подвале и имеет геометрические характеристики сечения 400×400 мм. Высота колонны $L = 3,2$ м. Пролет между колоннами в здании составляет 6 м. Категория технического состояния колонны – нормативное. Колонна выполнена из бетона класса $B35$, продольная арматура выполняется класса $A500C$, $\varnothing 28$, поперечная арматура $A240$, $\varnothing 8$. Несущая способность колонны до усиления равна $N_k = 3046,31$. Толщина защитного слоя бетона для арматуры принята $a = a' = 5$ см. Сечение колонны представлено на рис. 1.

В рамках рассматриваемых условий усиление колонны без изменения ее расчетной

схемы возможно несколькими способами: железобетонной обоймой по ее периметру, стальной рубашкой, методом *EBR* с применением углеволоконных холстов и методом *NSM* с применением стальной арматуры, расположенной в пазах усиливаемого элемента. Колонна была изначально запроектирована для нагрузок от вышележащих конструкций здания, нагрузки равны: $N_{max} = 3000,00$ кН. Максимальный действующий момент равен $M_{max} = 0,00$ кНм. В рамках теоретического эксперимента представим, что в здании, где располагается колонна, осуществляется реконструкция, по результатам которой нагрузки от вышележащих конструкций на колонну возрастут на 20 %, аппроксимируя увеличение нагрузки эквивалентно пристройке одного этажа в рассматриваемом здании, нагрузки, действующие на колонну, в результате составят: $N_{max1} = 3600,00$ кН. Последующие итерации эксперимента предполагают расчет данной задачи при увеличении нагрузок на 40 % – $N_{max2} = 4200,00$ кН, на 60 % – $N_{max3} = 4800,00$ кН, на 80 % – $N_{max4} = 5400,00$ кН с целью моделирования подбора усиления колонны при разных нагрузках.

В рамках теоретического эксперимента требуется качественно и количественно сравнить методы усиления по приведенным в предыдущем разделе параметрам, возможно экстраполируя результаты расчета на аналогичные методы усиления, неприменимые в заданных условиях, несмотря на данное ограничение при достаточном обосновании. В настоящей работе расчеты подбора систем усиления представлены не будут из соображений краткости изложения материала. Расчеты были выполнены на основании нормативной документации Российской Федерации и научных исследований, представленных в списке литературы [1–4].

Результаты теоретического эксперимента, их постобработка

По результатам расчета определено, что усиление всеми четырьмя рассматриваемыми методами усиления железобетонных конструкций осуществимо в рамках приходящих на колонну нагрузок $N_{max} = 3600–5400,00$ кН, рассмотрим более подробно, сравним и охарактеризуем полученные результаты расчета методами усиления по запасу прочности, приращению несущей способности, используемым материалам усиления.

По результатам расчета определено, что усиление методом железобетонной обоймы в силу конструктивных требований по монтажу может быть запроектировано для усиливаемой колонны с существенным избытком в несущей способности. Методы усиления железобетонной колонны с применением обоймы из стальных профилей и методом *NSM* со стальной арматурой в качестве элемента усиления зарекомендовали себя как вариативные при осуществлении подбора элементов усиления. В ходе проведенного расчета было определено, что применение настоящих методов весьма эффективно при различных нагрузках, воздействующих на усиливаемую конструкцию. Результаты расчетов показали, что метод усиления железобетонных конструкций с применением холстов из углеволокна в условиях существенного увеличения нагрузки на усиливаемую конструкцию представляется неэффективным из-за неадекватно большого количества требуемого материала для удовлетворения условий прочности конструкции. Стоит отметить, в исследовании [9] был рассмотрен расчет усиления конструкции квадратной колонны при помощи холстов из углеволокна, в результате которого было определено, что эффективность данный метод имеет при предварительном выполнении обетонирования колонны, превращая ее сечение из квадратного в круглое, в результате чего количество материала, требуемого для восприятия нагрузок, может быть использовано значительно более эффективно. Результаты подбора системы усиления железобетонной колонны различными методами в ранжирова-

Таблица 1. Результаты подбора системы усиления колонны различными методами

Нагрузка, кН	Метод усиления колонны			
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей	Метод NSM
1. $N_{\max 1} = 3600,00$	$\delta = 60$ мм, В40; 4 Ø16, А400, з/п ≈ 42 %, $\Delta N \approx 2079$ кН	4 L80×6, С245, з/п ≈ 4 %, $\Delta N \approx 720$ кН	Армошел – КБ 500, 1 слой, з/п ≈ 2 %, $\Delta N \approx 621$ кН	4 Ø25, А500С, з/п ≈ 2 %, $\Delta N \approx 612$ кН
2. $N_{\max 2} = 4200,00$	–/–, з/п ≈ 22 %, $\Delta N \approx 2079$ кН	4 L100×8, С245, з/п ≈ 1 %, $\Delta N \approx 1190$ кН	Армошел – КБ 500, 5 слоев, з/п $\approx <0,5$ %, $\Delta N \approx 1224$ кН	8 Ø25, А500С, з/п $\approx 1,5$ %, $\Delta N \approx 1225$ кН
3. $N_{\max 3} = 4800,00$	–/–, з/п ≈ 6 %, $\Delta N \approx 2079$ кН	4 L125×10, С245, з/п ≈ 2 %, $\Delta N \approx 1866$ кН	Армошел – КБ 500, 10 слоев, з/п $\approx 0,5$ %, $\Delta N \approx 1855$ кН, Н/В	8 Ø32, А500С, з/п ≈ 6 %, $\Delta N \approx 2047$ кН
4. $N_{\max 4} = 5400,00$	$\delta = 60$ мм, В40; 4 Ø25, А400, з/п ≈ 3 %, $\Delta N \approx 2492$ кН	4 L125×12, С285, з/п ≈ 4 %, $\Delta N \approx 2580$ кН	Армошел – КБ 500, 15 слоев, з/п $\approx 0,5$ %, $\Delta N \approx 2486$ кН, Н/В	8 Ø36, А500С, з/п ≈ 5 %, $\Delta N \approx 2584$ кН

нии с нагрузкой на конструкцию представлены в табл. 1, ΔN – параметр, характеризующий прирост несущей способности колонны, з/п – сокращение означает «запас прочности», Н/В – сокращение означает «выполнение рассматриваемой системой усиления при рассматриваемой нагрузке представляется невыполнимым».

Расчет материалоемкости для сравнения и ранжировки систем усиления велся с учетом ключевых строительных материалов, применяемых при выполнении работ, в качестве исключения, в отличие от прочих расчетов, в расчете материалоемкости не учитывались мелкие позиции затрат строительных материалов, таких как средства очистки для железобетонных конструкций, средства, применяемые в монтаже, и пр. в силу сложности оценки их расхода и их низкой значимости в ценовом отношении. Расчет материалоемкости выполнялся аналитическим методом с учетом коэффициентов расходов материалов согласно рекомендациям производителей. Результаты данного расчета в ранжировании с нагрузкой на усиливаемую колонну представлены в табл. 2.

Трудовые затраты, выделяемые на производство каких-либо строительно-монтажных работ, определяются как произведение нормы времени на выполнение вида работ на объем работ: $ЗТ_j = N_{\text{вр}} * V$, чел.ч. Нормы времени на выполнение рассматриваемых трудовых процессов можно принять, используя отечественные или зарубежные сметные нормативы, однако, рассматривая трудовые затраты на усиление железобетонных конструкций методами стальной обоймы, обоймы из углеволокна и методом NSM, данными документами воспользоваться не получится, поскольку перечисленные трудовые процессы в них не отражены. Трудовые затраты на монтаж усиления колонны рассматриваемыми методами возможно оценить, применяя характерные для отдельно взятых технологических процессов усиления позиции сборника ГЭСН. Сравнение трудоемкости монтажа усиления рассматриваемой колонны было представлено в виде табл. 3.

Сметная стоимость выполнения строительных работ складывается из прямых затрат

Таблица 2. Результаты расчета материалоемкости монтажа систем усиления

Нагрузка, кН	Материалоемкость метода усиления железобетонных конструкций			
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей	Метод NSM
1. N_{max1}	Бетон класса В40; $V \approx 1,2 \text{ м}^3$; $\varnothing 16$, А400, $L \approx 13 \text{ м}$	У L80×6, С245, $L \approx 14,5 \text{ м}$; Л, $\delta = 6 \text{ мм}$, $S \approx 1 \text{ м}^2$; ТАIKOR FP Extra $\approx 5 \text{ кг}$	Армошел – КБ 500, $S = 5,5 \text{ м}^2$, Манопокс 375 $\approx 5,5 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 11 \text{ кг}$	$\varnothing 25$, А500С, $L \approx 13 \text{ м}$; Рем. состав Sikadur 31 + RU $\approx 6 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 4 \text{ кг}$
2. N_{max2}	--	У L100×8, С245, $L \approx 14,5 \text{ м}$; Л, $\delta = 8 \text{ мм}$, $S \approx 1 \text{ м}^2$; ТАIKOR FP Extra $\approx 6,5 \text{ кг}$	Армошел – КБ 500, $S = 31,0 \text{ м}^2$, Манопокс 375 $\approx 31,0 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 11 \text{ кг}$	$\varnothing 25$, А500С, $L \approx 26 \text{ м}$; Рем. со- став Sikadur 31 + RU $\approx 12 \text{ кг}$
3. N_{max3}	--	У L125×10, С245, $L \approx 14,5 \text{ м}$; Л, $\delta = 10 \text{ мм}$, $S \approx 1 \text{ м}^2$; ТАIKOR FP Extra $\approx 8 \text{ кг}$	Армошел – КБ 500, $S = 56,0 \text{ м}^2$, Манопокс 375 $\approx 56,0 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 11 \text{ кг}$, Н/В	$\varnothing 32$, А500С, $L \approx 26 \text{ м}$; Рем. состав Sikadur 31 + RU $\approx 12 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 8 \text{ кг}$
4. N_{max4}	Бетон класса В40; $V \approx 1,2 \text{ м}^3$; $\varnothing 25$, А400, $L \approx 13 \text{ м}$	У L125×12, С285, $L \approx 14,5 \text{ м}$; Л, $\delta = 12 \text{ мм}$, $S \approx 1 \text{ м}^2$; ТАIKOR FP Extra $\approx 8 \text{ кг}$	Армошел – КБ 500, $S = 82,0 \text{ м}^2$, Манопокс 375 $\approx 82,0 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 11 \text{ кг}$, Н/В	$\varnothing 36$, А500С, $L \approx 26 \text{ м}$; Рем. состав Sikadur 31 + RU $\approx 12 \text{ кг}$; Wallgraf ОКМ-1. $M \approx 8 \text{ кг}$

Таблица 3. Результаты подсчета трудозатрат на монтаж систем усиления

Нагрузка, кН	Трудозатраты, выделяемые на монтаж системы усиления, чел.ч.				
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей		Метод NSM
			Огнезащита торкретированием	Огнезащита оштукатуриванием	
1. N_{max1}	14,51	12,11	6,41	6,99	5,02
2. N_{max2}	14,51	14,01	11,74	12,32	10,05
3. N_{max3}	14,51	15,47	17,07, Н/В	17,65, Н/В	12,38
4. N_{max4}	14,51	16,39	22,40, Н/В	22,99, Н/В	14,35

на выполнение работ, накладных расходов и сметной прибыли. Прямые денежные затраты на монтаж систем усиления железобетонных конструкций складываются из затрат на оплату труда рабочих, стоимости строительных материалов и затрат на эксплуатацию машин и механизмов без учета арендной платы за их эксплуатацию, если таковая требуется. Денежные затраты на монтаж систем усиления из железобетонной обоймы можно определить ресурсно-индексным методом по результатам оценки трудоемкости на основе ГЭСН. Результаты расчета сравнения методов усиления по ценовым затратам в ранжировании с нагрузкой на усиливаемую колонну на монтаж представлены в табл. 4.

Оценка сметной прибыли и накладных расходов при монтаже систем усиления различными методами осуществлялась в соответствии с постановлениями Минстроя России

Таблица 4. Результаты расчета сметной стоимости монтажа систем усиления

Нагрузка, кН	Сметная стоимость монтажа системы усиления, руб.				
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей		Метод NSM
			Огнезащита торкретированием	Огнезащита оштукатуриванием	
1. N_{max1}	31 535,38	31 276,65	84 791,35	85 778,46	27 089,75
2. N_{max2}	31 535,38	41 348,88	30 924,92	310 236,31	43 979,51
3. N_{max3}	31 535,38	56 480,60	533 707,07, Н/В	534 694,17, Н/В	51 257,56
4. N_{max4}	35 567,38	67 645,26	758 164,92, Н/В	759 152,03, Н/В	58 516,78

Таблица 5. Результаты расчета сметной прибыли и накладных расходов

Нагрузка, кН	Сметная прибыль и накладные расходы монтажа системы усиления, руб.				
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей		Метод NSM
			Огнезащита торкретированием	Огнезащита оштукатуриванием	
1. N_{max1}	14 899,24	13 266,42	7 189,52	7 853,22	4 792,29
2. N_{max2}	14 899,24	15 520,37	13 007,33	13 671,04	17 542,33
3. N_{max3}	14 899,24	16 998,03	18 825,15, Н/В	19 488,86, Н/В	21 748,38
4. N_{max4}	14 899,24	18 039,13	24 642,97, Н/В	25 306,68, Н/В	25 679,60

Пр/812-040.1 и Пр/774-040.1. Результаты расчета накладных расходов и сметной прибыли при усилении колонны различными методами в ранжировании с нагрузкой на усиливаемую колонну представлены в табл. 5.

Чтобы косвенно оценить эффективность денежных вложений в соотношении с приростом несущей способности, предлагается применение коэффициента эффективности расхода денежных вложений при усилении конструкции – K_3 . Математически коэффициент является отношением приращения несущей способности конструкции до и после нагружения и сметной стоимости работ. Большее значение коэффициента характеризует эффективное использование денежных вложений, затрачиваемых на проведение строительно-монтажных работ в заданных условиях. Определение предлагаемого коэффициента эффективности расхода денежных вложений осуществляется по формуле: $K_3 = C_{смп} / \Delta N$, кН/руб. Таблица с результатами сравнения методов по коэффициенту эффективности расхода денежных вложений представлена под номером 6.

Параметр временных затрат на монтаж систем усиления железобетонных конструкций можно оценить, суммируя время на ведение производства работ с временными затратами, выделяемыми на набор прочности материалов усиления конструкции с учетом условий ухода за набирающим прочностью составом. С целью упрощения поставленной задачи по ранжировке методов усиления по затрачиваемым временным затратам на монтаж усиления примем в рамках проводимого сравнения условия, в которых находится конструкция, как оптимальные в соответствии с рекомендациями изготовителей смесей, требующих набора прочности. Результаты сравнения методов усиления железобетонной колонны различными методами при сравнении временных затрат на полный цикл устрой-

Таблица 6. Коэффициент эффективности расхода денежных вложений

Нагрузка, кН	Коэффициент эффективности расхода денежных вложений, K_3 , кН/руб				
	Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей		Метод NSM
			Огнезащита торкретированием	Огнезащита оштукатуриванием	
1. N_{max1}	0,066	0,023	0,007	0,007	0,023
2. N_{max2}	0,066	0,029	0,004	0,004	0,028
3. N_{max3}	0,066	0,033	0,003, Н/В	0,003, Н/В	0,040
4. N_{max4}	0,079	0,038	0,003, Н/В	0,003, Н/В	0,044

Таблица 7. Сравнение временных затрат при усилении колонны

Временные затраты при монтаже системы усиления в нормальных условиях, сут.			
Обойма из железобетона	Обойма из стальных профилей	EBR, обойма из углеволоконных тканей	NSM с применением стальной арматуры
Набор прочности бетоном $t \approx 28$ сут. + $T_{\text{МОНТ.}}$	$T_{\text{МОНТ.}}$	Набор прочности связующего состава $t \approx 7$ сут. + $T_{\text{МОНТ.}}$	Набор прочности связующего состава $t \approx 7$ сут. + $T_{\text{МОНТ.}}$

ства системы усиления представлены в табл. 7.

Заключение

В данной работе был осуществлен теоретический эксперимент по подбору и технико-экономическому сравнению ключевых параметров традиционных и современных методов усиления железобетонных конструкций. В результате проведенного анализа было определено, что наиболее эффективными методами усиления железобетонных колонн можно считать методы железобетонной обоймы и новый метод усиления железобетонных конструкций – метод NSM.

Литература

1. СП 349.1325800.2017. Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления.
2. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами. Правила проектирования.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
4. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.
5. Мареева, О.В. Оценка эффективности способов усиления железобетонных колонн при реконструкции / О.В. Мареева, А.В. Кловский // Природообустройство. – 2017. – № 2(66). – С. 33–41.
6. Георгиев, С.В. К определению наиболее эффективного способа усиления железобетонных колонн при разных уровнях нагружения / С.В. Георгиев, Д.Р. Маилян, А.И. Соловьева // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке

территорий. – 2024. – № 3(1). – С. 7–14.

7. Акимов, С.Ф. Экономическое обоснование выбора способа усиления железобетонных элементов конструкций / С.Ф. Акимов // Экономика строительства и природопользования. – 2018. – № 1. – С. 31–41.

8. Георгиев, С.В. Сравнение методов усиления железобетонных стоек с точки зрения экономической эффективности / С.В. Георгиев // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 2. – С. 1–13.

9. Георгиев, С.В. Новый метод усиления железобетонных сжатых колонн, основанный на использовании бетона и композитных материалов / С.В. Георгиев, Д.Р. Маилян, А.И. Соловьева // Современные тенденции в строительстве. – 2022. – Т. 1. – № 2. – С. 4–12.

10. Муленкова, В.И. Расчет и конструирование усиления железобетонных и каменных и конструкций : пособие / В.И. Муленкова. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 118 с.

References

1. SP 349.1325800.2017. Konstruktsii betonnye i zhelezobetonnye. Pravila remonta i usileniya.

2. SP 164.1325800.2014. Usilenie zhelezobetonnykh konstruktsij kompozitsionnymi materialami. Pravila proektirovaniya.

3. SP 63.13330.2018. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktsii. Osnovnye polozheniya.

4. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruktsii.

5. Mareeva, O.V. Otsenka effektivnosti sposobov usileniya zhelezobetonnykh kolonn pri rekonstruktsii / O.V. Mareeva, A.V. Klovsij // Prirodoobustroystvo. – 2017. – № 2(66). – S. 33–41.

6. Georgiev, S.V. K opredeleniyu naibolee effektivnogo sposoba usileniya zhelezobetonnykh kolonn pri raznykh urovnyakh nagruzheniya / S.V. Georgiev, D.R. Mailyan, A.I. Soloveva // Sovremennye tendentsii v stroitelstve, gradostroitelstve i planirovke territorij. – 2024. – № 3(1). – S. 7–14.

7. Akimov, S.F. Ekonomicheskoe obosnovanie vybora sposoba usileniya zhelezobetonnykh elementov konstruktsij / S.F. Akimov // Ekonomika stroitelstva i prirodopolzovaniya. – 2018. – № 1. – S. 31–41.

8. Georgiev, S.V. Sravnenie metodov usileniya zhelezobetonnykh stoek s tochki zreniya ekonomicheskoy effektivnosti / S.V. Georgiev // Inzhenernij vestnik Dona. – 2022. – № 2. – S. 1–13.

9. Georgiev, S.V. Novij metod usileniya zhelezobetonnykh szhatykh kolonn, osnovannij na ispolzovanii betona i kompozitnykh materialov / S.V. Georgiev, D.R. Mailyan, A.I. Soloveva // Sovremennye tendentsii v stroitelstve. – 2022. – Т. 1. – № 2. – S. 4–12.

10. Mulenkova, V.I. Raschet i konstruirovaniye usileniya zhelezobetonnykh i kamennykh i konstruktsij : posobie / V.I. Mulenkova. – Penza : PGUAS, 2014. – 118 s.

Comparative Analysis of Reinforced Concrete Column Reinforcement Methods

A.O. Khubaev, V.S. Golitsyn, M.R. Makarchuk, D.A. Sidorenko

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: building structures; reinforcement; reconstruction; survey; reinforcement of structures; reinforcement of structures with composite materials; external reinforcement; NSM method; EBR method.

Abstract. This paper compares column reinforcement methods. The article discusses the most common methods of column reinforcement in the Russian Federation, without changing the design scheme of the reinforced building structures. Key organizational and technological parameters for the application of the considered methods of reinforced concrete columns are presented. A comparison of the methods is carried out based on a theoretical experiment conducted during the calculation and selection of column reinforcement in ranking with the load bearing on it. The study hypothesizes that existing methods of reinforced concrete column reinforcement have varying degrees of organizational, technological, and economic efficiency. The objective of the study is to improve the efficiency of strengthening reinforced concrete structures working in compression. To achieve this goal, it is necessary to complete a number of tasks: to conduct a theoretical experiment within the framework of which to carry out a technical and economic comparison of structural reinforcement methods and, based on the results of this comparison, to determine the most effective reinforcement method based on the identified parameters. As a result of the work carried out in the study, the technical and economic efficiency of various column reinforcement methods was assessed, and a ranking of the methods by efficiency was determined.

© А.О. Хубаев, В.С. Голицын, М.Р. Макаrchук, Д.А. Сидоренко, 2026

УДК 72.01

Tourism Resources and Built Environment of Freetown, Sierra Leone

T.A. Massaquoi, M.V. Dutsev

*Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: cultural sites; touristic infrastructure; touristic resources; architectural heritage; historical monuments.

Abstract. This paper examines contemporary tourism infrastructure in Freetown, Sierra Leone, assessing its potential for sustainable development. The research objective is to explore how strategic preservation of architectural heritage and infrastructural improvements can enhance the city's appeal to international visitors, diversifying export earnings. The study hypothesizes that enhancing historic sites and tourism infrastructure will position Freetown as a prominent destination. The study employs qualitative methods, semi-structured interviews, and ethnographic fieldwork to investigate these resources. Findings reveal that the city of Freetown has diverse cultural sites, natural attractions, and built infrastructure sites, which provide the city with a unique tourism competitive edge in the subregion.

Introduction

Contemporary tourism infrastructure within Freetown, Sierra Leone, is significantly influenced by developmental trajectory and delivery capabilities. Historical legacies and evolving urban systems profoundly shape the identification and utilization of these resources for sustainable tourism development [1; 2]. The analysis further explores how touristic activities, prevalent in Freetown, intersect with tourism infrastructure, challenging conventional distinctions in urban structures [3]. Colonial planning legacies, rapid growth, resource scarcity, and informal settlements have impacted Freetown's urban form and post-independence development, thereby influencing tourism potential [2]. Rooted in its unique genesis as a settlement for liberated slaves from diverse West and Central African origins, this adaptive urbanism has fostered a polycentric urban framework and rich multicultural heritage that provides distinct cultural tourism opportunities [4; 5].

Defining Modern Touristic Resources

Modern touristic resources encompass not only traditional attractions but also innovative uses of heritage, cultural projects, and capacity-building initiatives for local artisans and service

providers that contribute to comprehensive local economic development [6]. This broader definition acknowledges that cultural expressions and informal economic activities, often overlooked in conventional tourism frameworks, are increasingly recognized as pivotal for urban placemaking and economic diversification [7]. Such initiatives, especially within post-colonial port cities like Freetown, necessitate an integrated approach that considers both tangible and intangible cultural heritage, as well as the socio-economic dynamics influencing their preservation [8]. Moreover, the informal architectural heritage and self-organizing systems that characterize Freetown's urban system, represent unique cultural assets that can be leveraged for transformative tourism experiences. This perspective challenges traditional planning methodologies by highlighting how adaptive urbanism can create functional and authentic tourist attractions where conventional development models have faltered [5]. This approach aligns with evolving perspectives on heritage for sustainable development, recognizing the potential for both positive and negative dimensions in heritage projects, and emphasizing the crucial role of diverse stakeholders in shaping their outcomes [6].

Tourism Development in West Africa

In many countries across sub-Saharan Africa, heritage tourism has emerged as a significant strategy for local development, leveraging cultural and natural resources to attract visitors [9].

However, its efficacy often hinges on local community involvement and indigenous knowledge, which Western frameworks tend to overlook [10], leading to disconnects between presented heritage and local valuations that hinder authentic, sustainable development [11]. Projects ignoring colonial legacies prove simplistic and unsustainable [6]. Conversely, the COVID-19 pandemic spurred a re-evaluation of strategies, emphasizing local stakeholders' perspectives to re-imagine heritage tourism. This prioritizes community well-being and inclusive management, to avoid commodification [9; 12].

Methodology

This research adopts a qualitative methodological approach, primarily utilizing semi-structured interviews and ethnographic observations to explore local perceptions, practices, and interactions with modern touristic resources in Freetown, particularly how diverse stakeholders, including local communities, government bodies, and international organizations, interpret and leverage the city's unique cultural and informal urban heritage for sustainable tourism.

Study Area: Freetown, Sierra Leone

As the capital and largest city of Sierra Leone, Freetown presents a compelling case study due to its rich historical legacy, diverse cultural landscape, and ongoing post-conflict reconstruction efforts. All of which contribute to its distinctive modern touristic profile. Its unique position as a historical port city, established by freed slaves, imbues it with a profound narrative that distinguishes it from other West African capitals, offering a rich tapestry of tangible and intangible heritage [9].

Identification of modern touristic resources in Freetown, Sierra Leone

There is a diverse range of modern touristic assets identified, spanning from historical monuments and vibrant cultural sites. This will involve an in-depth categorization of both tangible and intangible cultural heritage, as well as an examination of how these resources are perceived and utilized by local communities and visitors alike [13].

The analysis explored how these identified resources contribute to Freetown's evolving

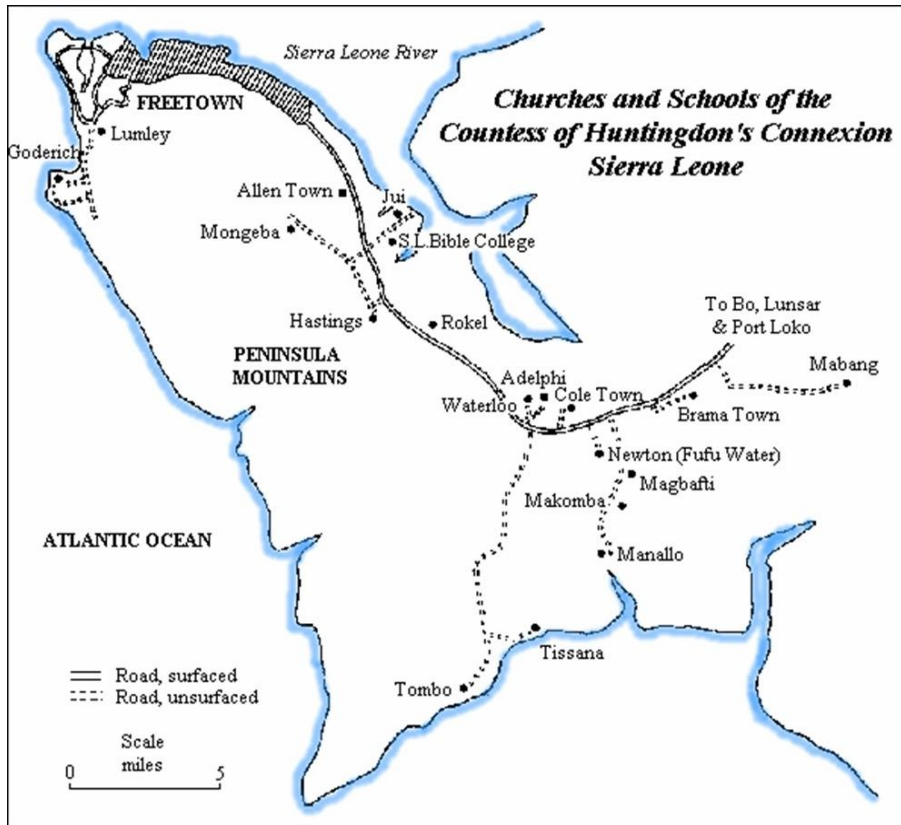


Fig. 1. Map of Freetown, Sierra Leone. Source: The Sierra Leone Telegraph



Fig. 2. photo of cultural heritage sites in Freetown, Sierra Leone: Cotton tree heritage site (right), Sierra Leone National Railway Museum (left)

tourism landscape, considering their potential for economic development and their role in shaping the city's unique identity. The identification process will leverage a hermeneutic appreciation of everyday meanings and behaviors associated with heritage tourism, followed by a realist approach to uncover underlying regularities and causal processes [14].

This dual analytical lens allows for a comprehensive understanding of both the subjective experiences and objective implications of resource development [15; 16].

This categorization will differentiate between officially recognized heritage sites and those that emerge through local narratives and practices, highlighting the diverse ways in which cultural significance is attributed and negotiated within Freetown's urban fabric.



Fig. 3. Natural touristic resources in Freetown, Sierra Leone, Source: Sierra Leone tourist board



Fig. 4. Built heritage touristic resource of Freetown Sierra Leone: Ferah Bay college (right); Sierra light house Source: Ministry of tourism (left)

Table. 1. Categorization of Tourism Resources in Freetown, Sierra Leone

Category of Resource	Key Components	Tourism Value	Key Findings / Implications
Natural Resources	Coastal beaches, Atlantic Ocean frontage, tropical climate, hills and forest reserves	Attract leisure tourism, eco-tourism, and coastal recreation	Natural assets form the primary attraction base for tourism in Freetown. However, their tourism potential is underutilized without adequate supporting infrastructure, particularly accommodation facilities and access services.
Cultural Resources	Historic sites, colonial-era buildings, Creole heritage	Support heritage tourism, cultural tourism, and identity-based travel	Cultural resources provide symbolic and narrative value, shaping Freetown’s tourism identity. Their impact remains limited when not spatially integrated with modern hospitality facilities that enhance visitor experience and length of stay.
Built Environment Infrastructure	Hotels, transport networks, building facilities, urban settlements	Enable tourist accommodation, mobility, comfort, and service delivery	Hotel development emerges as a critical modern tourism resource, translating natural and cultural attractions into viable tourism products. The quality, location, and architectural expression of hotels directly influence tourism competitiveness and urban image.

Categorization of Resources

The categorization delineates resources into natural, cultural, and built environment infrastructure, acknowledging the interdependencies and overlaps that characterize many of Freetown's attractions. This multi-tiered classification aims to provide a granular understanding of the city's tourism potential, moving beyond conventional definitions to encompass Freetown's unique informal and emergent touristic resources [17].

This detailed classification facilitates a deeper analysis of how these various resources are integrated into the existing tourism framework and their potential for future sustainable development. Specifically, the identification and evaluation process adapts methodologies that inventory and assess tourism potential by considering preservation quality of heritage assets [18]. Particular attention is paid to the dynamic interplay between tangible and intangible heritage, recognizing that mythological narratives and local traditions often foster physical sites with profound cultural significance [19].

Implications of touristic resources for Freetown's Tourism

Tourism is considered as one of the important economic sector, which impels the growth & development of many states [20].

The strategic enhancement of historic sites, coupled with the development of robust tourism infrastructure, holds substantial potential to elevate Freetown's status as a prominent tourist destination within Sierra Leone's post-conflict recovery context. This approach aligns with tourism's recognized role as a key economic driver that propels growth and development [20], while analyses confirm its capacity to generate significant economic expansion, and enhanced service value through site improvements [21; 22].

Conclusion

In conclusion, this study has illuminated the intricate interplay between Freetown's unique historical trajectory, its rich cultural heritage, and the potential for modern tourism development. There is a critical need for a holistic approach to heritage management that integrates diverse perspectives to foster sustainable development. This includes promoting collaborative partnerships between public and private sectors to reconcile tourism with heritage preservation imperatives. Such an approach is crucial for navigating the complex challenges inherent in balancing urban development with the conservation of cultural assets, particularly in the context of emerging tourism markets.

References

1. Macarthy, J.M. Freetown: City report / J.M. Macarthy, K. de Bruijne, F. Conteh, J. Hitchen, B. Koroma, F. Reffell // SSRN Electronic Journal, Jun. 2024 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.african-cities.org/wp-content/uploads/2024/06/ACRC_Working-Paper-16_June-2024.pdf.
2. Lynch, K. Transforming Freetown: Dilemmas of Planning and Development in a West African City / K. Lynch, E. Nel, T. Binns // *Cities*. – 2020. – Vol. 101. – P. 102694. – DOI: 10.1016/j.cities.2020.102694.
3. Rigon, A. Beyond Formal and Informal: Understanding Urban Informalities from Freetown / A. Rigon, J. Walker, B.M. Koroma // *Cities*. – 2020. – Vol. 105. – P. 102848. – DOI:

10.1016/j.cities.2020.102848.

4. Яковлева, Т.А. Современные аспекты развития туристических ресурсов / Т.А. Яковлева, Н. Беспалова // Молодой ученый. – 2020. – № 5(81). – DOI: 10.32839/2304-5809/2020-5-81-43.

5. Selmeczi, A. DIY Urbanism in Africa: Politics and Practice / A. Selmeczi // South African Journal of International Affairs. – 2024. – Nov. – p. 1 – DOI: 10.1080/10220461.2024.2428948.

6. Labadi, S. Rethinking Heritage for Sustainable Development / S. Labadi, 2022. – DOI: 10.2307/j.ctv280b66f.

7. Booyens, I. Re-creating slum tourism: Perspectives from South Africa / I. Booyens, C.M. Rogerson // Urbani izziv. – 2019. – No. 30. – P. 52. – DOI: 10.5379/urbani-izziv-en-2019-30-supplement-004.

8. Horgan, D. Addressing dereliction and devaluation in urban tourism: the case of Cork, Ireland / D. Horgan, T. Baum // International Journal of Tourism Cities. – 2022. – Vol. 9. – No. 156. – P. 70. – DOI: 10.1108/ijtc-07-2021-0152.

9. Giliberto, F. Re-Imagining Heritage Tourism in Post-COVID Sub-Saharan Africa: Local Stakeholders' Perspectives and Future Directions / F. Giliberto, S. Labadi // Sustainability. – 2023. – Vol. 15. – No. 5. – P. 4339. – DOI: 10.3390/su15054339.

10. Witcher, R. Editorial / R. Witcher // Antiquity. – 2022. – Vol. 96. – No. 390. – P. 1371. – DOI: 10.15184/aqy.2022.145.

11. Mteti, S.H. Unlocking cultural tourism: Local community awareness and perceptions of cultural heritage resources in Katavi Region in southern circuit of Tanzania / S.H. Mteti, C.J. Mpambije, D.J. Manyerere // Social Sciences & Humanities Open. – 2025. – Vol. 11. – P. 101295. – DOI: 10.1016/j.ssaho.2025.101295.

12. Brestov, A.L. Post-industrial cultural tourism: The Trans-Siberian railway and the reuse of former industrial sites in Siberia / A.L. Brestov, M. Merdev // Journal of Tourism Theory and Research. – 2025. – Vol. 11. – No. 2. – P. 65. – DOI: 10.24288/jtr.1724843.

13. Nursanty, E. From Heritage to Identity: The Role of City Authenticity in Shaping Local Community Identity and Cultural Preservation / E. Nursanty, D. Rusmiatmoko, M.F.D. Husni // Journal of Architecture and Human Experience. – 2023. – Vol. 1(2). – P. 131–150. – DOI: 10.59810/archimane.v1i2.17.

14. Su, R. Cultural Political Economy and Urban Heritage Tourism / R. Su, B. Bramwell, P.A. Whalley // Annals of Tourism Research. – 2017. – Vol. 68. – P. 30. – DOI: 10.1016/j.annals.2017.11.004.

15. Proos, E. Advancing Heritage Tourism in the Central Karoo: The South African War Battlefields Route / E. Proos, J. Hattingh // Development Southern Africa. – 2019. – Vol. 37. – No. 4. – P. 678. – DOI: 10.1080/0376835x.2019.1698409.

16. Eger, C. Corporate Philanthropy Through the Lens of Ethical Subjectivity / C. Eger, G. Miller, C. Scarles // Journal of Business Ethics. – 2017. – Vol. 156. – No. 1. – P. 141. – DOI: 10.1007/s10551-017-3551-1.

17. Rübésamen, F. New Urban Tourism: An On-Site Analysis of City Tourism's New Trend in Selected Spots in the Destination of Munich, Germany / F. Rübésamen, M. Pillmayer // Zeitschrift für Tourismuswissenschaft, Oct. 2024. – DOI: 10.1515/tw-2024-0011.

18. Chams-Anturi, O. Methodology for the Identification and Evaluation of the Tourism Potential of the Natural and Cultural Heritage Inventory / O. Chams-Anturi, E. Paipa-Sanabria, J.P. Escorcia-Caballero // Sustainability. – 2025. – Vol. 17. – No. 24. – P. 11311. – DOI: 10.3390/su172411311.

19. Martín-Lucas, M. Do Intangible Factors Enhance Sociocultural Productivity and

Economy in World Heritage Sites? / M. Martín-Lucas, A. Leal-Solís, Á.P. Polo, R.R. Ramírez, L. Moreno-Luna // *Frontiers in Psychology*. – 2024. – Vol. 15. – P. 1393811. – DOI: 10.3389/fpsyg.2024.1393811.

20. Pandey, D. Tourism and Resource Development: A Case Study of Madhya Pradesh / D. Pandey, S. Mishra, S.K. Shukla // *International Journal of Biological Research*. – 2014. – Vol. 2. – No. 2. – P. 149. – DOI: 10.14419/ijbr.v2i2.2440.

21. Barrie, A.S.I. An Empirical Investigation of the Export-Led Growth (ELG) and Import-Led Growth (ILG) Hypotheses in Sierra Leone / A.S.I. Barrie, A. Sillah, M. Bangura // *Modern Economy*. – 2021. – Vol. 12. – No. 11. – P. 1648. – DOI: 10.4236/me.2021.1211083.

22. Betts, B.S.H. Potential of Tourism as a Sustainable Economic Development Strategy in Sierra Leone / B.S.H. Betts, Z. Zhou // *Open Journal of Business and Management*. – 2024. – Vol. 12. – No. 5. – P. 3638. – DOI: 10.4236/ojbm.2024.125181.

References

4. YAkovleva, T.A. Sovremennye aspekty razvitiya turistichekikh resursov / T.A. YAkovleva, N. Bespalova // *Molodij vchenij*. – 2020. – № 5(81). – DOI: 10.32839/2304-5809/2020-5-81-43.

Туристические ресурсы и инфраструктура Фритауна, Сьерра-Леоне

Т.Е. Массакои, М.В. Дуцев

*ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: архитектурное наследие; исторические памятники; культурные объекты; туристическая инфраструктура; туристические ресурсы.

Аннотация. Цель исследования – рассмотреть современную туристическую инфраструктуру Фритауна, Сьерра-Леоне и оценить ее потенциал для устойчивого развития. Задача исследования состоит в том, чтобы изучить, как стратегическое сохранение архитектурного наследия и улучшение инфраструктуры могут повысить привлекательность города для иностранных туристов, диверсифицируя экспортные доходы. В исследовании выдвигается гипотеза, что улучшение исторических мест и туристической инфраструктуры позволит Фритауну занять видное место в туристическом направлении. Используются качественные методы, полуструктурированные интервью и этнографические полевые исследования для изучения этих ресурсов. Результаты показывают, что город Фритаун обладает разнообразными культурными объектами, природными достопримечательностями и объектами городской инфраструктуры, что обеспечивает городу уникальное конкурентное преимущество в сфере туризма в субрегионе.

© Т.А. Massaquoi, М.В. Dutsev, 2026

УДК 069

Системы ИИ для обеспечения безопасности на стройплощадке

Д.В. Гулякин, А.Д. Мартынова, Е.Д. Фурса, Е.Н. Бучинская

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
технологический университет»,
г. Краснодар (Россия)*

Ключевые слова и фразы: искусственный интеллект; компьютерное зрение; мониторинг; предиктивная аналитика; строительство; BIM-технологии.

Аннотация. Цель – провести анализ возможностей систем искусственного интеллекта (ИИ) в области обеспечения промышленной безопасности на строительных площадках. Задачи: рассмотреть ключевые направления применения технологий, таких как компьютерное зрение для контроля использования средств индивидуальной защиты, предиктивная аналитика для прогнозирования аварийных ситуаций и системы мониторинга состояния оборудования в реальном времени. Гипотеза исследования: тщательное планирование и реализация внедрения ИИ с технологиями информационного моделирования и современными роботизированными комплексами стимулирует социально-экономическую эффективность. Методы: теоретический анализ, систематизация. Достигнутые результаты: внедрение ИИ позволяет строительным компаниям перейти от пассивного наблюдения к проактивному управлению рисками, что существенно снижает вероятность производственного травматизма и повышает общую эффективность управления проектами.

Развитие строительной отрасли в современных условиях сильно ограничено множеством сложных проблем, среди которых наиболее острыми признаются перерасход средств и времени, безопасность труда и нехватка квалифицированной рабочей силы. Кроме того, строительная индустрия традиционно относится к числу наименее оцифрованных отраслей в мире, что значительно затрудняет оперативное решение стоящих перед ней задач и повышает риски возникновения внештатных ситуаций [1, с. 172]. Высокий уровень травматизма на строительных объектах остается глобальной проблемой, требующей внедрения принципиально новых подходов к управлению производственной средой. Традиционные методы контроля, опирающиеся на человеческий фактор, в условиях масштабирования проектов демонстрируют свою ограниченность.

Целью данной работы является комплексное рассмотрение возможностей современ-

ных систем искусственного интеллекта (**ИИ**) как основного инструмента обеспечения безопасности на строительной площадке через автоматизированный мониторинг персонала и оборудования. Для достижения этой цели были определены следующие задачи:

- 1) изучить механизмы работы технологий компьютерного зрения в части автоматического распознавания средств индивидуальной защиты (**СИЗ**) и контроля опасных зон;
- 2) рассмотреть алгоритмы предиктивной аналитики и машинного обучения для прогнозирования аварийных ситуаций и поломок оборудования;
- 3) оценить эффективность интеграции ИИ-решений с информационным моделированием зданий (**BIM**) для создания безопасной производственной среды.

В качестве методической основы статьи был выбран системный анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, посвященных внедрению цифровых технологий в строительный комплекс. Материалом для анализа послужили данные о реализованных пилотных проектах крупных застройщиков, отчеты технологических компаний и нормативно-правовые акты, регулирующие цифровую трансформацию отрасли. Использование комплексного подхода позволило сопоставить теоретические возможности алгоритмов с практическими результатами их эксплуатации в полевых условиях.

В процессе подготовки материала был проведен подробный обзор профильной литературы. Б.Э. Гранова и Д.В. Гулякин обосновали, что ИИ в строительстве – это такой же инструмент, как и любой другой, а строительным компаниям целесообразно нанимать профильных технологов для его эффективного внедрения [1, с. 172]. Н.С. Баринов и А.З. Ашрапов отметили, что цифровая трансформация в России идет по трем взаимодополняющим трекам, включая обязательное применение ТИМ/**BIM** и внедрение ИИ-решений, работающих «поверх данных» [2, с. 2]. З.А. Золотых в своих трудах указала, что интеграция ИИ с **BIM** способствует более тесной координации между участниками проекта, что лучшим образом сказывается на безопасности [4, с. 19]. В.А. Титов обратил внимание на то, что на ранних этапах планирования и проектирования ИИ является самым эффективным способом структурирования данных [5, с. 342].

Использование систем искусственного интеллекта на строительной площадке в первую очередь ассоциируется с технологиями компьютерного зрения (*Computer Vision*). Данное направление позволяет автоматизировать мониторинг соблюдения техники безопасности без непрерывного участия человека. Одной из ключевых функций является распознавание отсутствия СИЗ. По данным отраслевых исследований, грубое нарушение правил охраны труда становится причиной до 16 % смертельных случаев [3]. ИИ-системы, интегрированные с камерами видеонаблюдения, способны в реальном времени идентифицировать наличие касок, светоотражающих жилетов и страховочных поясов. Как следствие, внедрение таких систем позволяет снизить количество инцидентов на площадках до 30 % [2].

Практическая реализация таких решений видна на примере платформы *Smartvid.io*, которая помогает автоматически анализировать фотографии и видео, выявляя потенциально опасные условия работы и отсутствие необходимой экипировки [4]. Другой пример – облачное решение *Construction IQ*, используемое компанией *BAM Ireland*. Алгоритмы машинного обучения здесь анализируют данные из **BIM 360**, автоматически определяя приоритетные проблемы безопасности и направляя аварийные оповещения ответственным лицам на мобильные устройства [5]. Это позволяет бригадирам оперативно реагировать на нарушения, зафиксированные нейросетью.

Предиктивная аналитика является вторым по значимости направлением. ИИ-модели способны анализировать не только текущее состояние, но и исторические данные про-

ектов, ресурсы и внешние факторы для прогнозирования возможных отставаний или аварийных ситуаций. Например, компания *Bechtel* применяет платформы на базе ИИ для прогнозирования рисков, определяя вероятные бюджетные превышения или задержки на основе данных из прошлых проектов [4]. В управлении оборудованием это реализуется через предиктивное обслуживание. Система *Caterpillar* на базе машинного обучения помогает предсказывать поломки техники, что минимизирует простои и предотвращает аварии, связанные с неисправностью машин [4].

Важная роль в обеспечении безопасности отводится строительной робототехнике. На площадках уже появляются автономные экскаваторы, такие как разработки *Built Robotics*. Они оснащаются многоуровневыми системами датчиков, камер и радаров для безопасной работы без участия человека [1]. Роботы, подобные тем, что создала фирма *Canvas*, используют *LiDAR* для ориентации в пространстве и выполнения отделочных работ, что позволяет освободить людей от изнурительной и монотонной работы в пыльных помещениях [1]. Кроме того, внедрение роботизированных собак (например, *Spot* от *Boston Dynamics*) позволяет проводить регулярные инспекции площадок и сканировать объекты в 3D гораздо быстрее и безопаснее, чем это сделал бы геодезист [3].

Перспективным направлением мониторинга является использование роевого интеллекта. Инженеры компании *Festo* разработали уникальных роботов *BionicBee*, способных летать группой и обследовать труднодоступные места объектов [3]. Компьютер в режиме реального времени задает траекторию каждой «пчеле», обеспечивая слаженное картирование и мониторинг состояния конструкций, что исключает необходимость присутствия человека в опасных зонах [3].

Стоит отметить, что ИИ не ограничивается только крупной техникой. Интеллектуальные алгоритмы внедряются даже в электроинструменты. Компания *Milwaukee® Tool* создала алгоритмы, которые анализируют данные о нагрузке на двигатель для мгновенного уменьшения отдачи при заклинивании инструмента, что предотвращает травмы рабочих [1].

Для эффективной работы всех перечисленных систем необходима качественная инфраструктура данных. Инициатива Минстроя РФ по созданию отраслевого «озера данных» (*data lake*) призвана снять барьеры фрагментации и ускорить разработку новых ИИ-модулей [2]. Тандем ТИМ/*BIM* и ИИ формирует базу для создания «цифровых двойников» объектов, где ИИ-сценарии автоматически проверяют коллизии, подсвечивают риски и оптимизируют планировочные решения [2]. В конечном счете это позволяет создавать интерактивные 3D-модели сооружений на каждом этапе жизненного цикла [1].

Несмотря на очевидные преимущества, существуют и барьеры внедрения: фрагментация источников данных, дефицит профильных кадров и необходимость соблюдения этических норм при работе с биометрией [2]. Тем не менее, как отмечают исследователи, ИИ – это не просто футуристическая идея, а реально действующий инструмент, который уже сегодня изменяет способы выполнения работ [1].

Таким образом, системы искусственного интеллекта представляют собой критически важный элемент современной стратегии обеспечения безопасности в строительстве. Интеграция алгоритмов машинного обучения, компьютерного зрения и роботизированных комплексов позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, который традиционно является основной причиной несчастных случаев. Использование ИИ как инструмента проактивного контроля способствует созданию прозрачной, предсказуемой и безопасной производственной среды, что является необходимым условием для успешной реализации сложных строительных проектов.

1. Технологии компьютерного зрения эффективно решают проблему контроля за использованием СИЗ и нахождением персонала в опасных зонах. Автоматизация этого процесса позволяет снизить количество инцидентов на объектах до 30 %. Системы способны мгновенно идентифицировать нарушения и оповещать ответственных лиц, превращая видеонаблюдение из инструмента фиксации фактов в активное средство предупреждения несчастных случаев.

2. Аналитика и машинное обучение позволяют строительным компаниям предвидеть поломки оборудования и аварийные ситуации до их фактического возникновения. Мониторинг параметров работы техники в реальном времени и анализ исторических данных прошлых проектов дают возможность оптимизировать график обслуживания и своевременно корректировать ход работ, исключая внезапные отказы систем и повышая общую устойчивость проекта к рискам.

3. Интеграция интеллектуальных алгоритмов в информационные модели зданий позволяет учитывать вопросы безопасности на самых ранних этапах планирования. Создание «цифровых двойников» объектов обеспечивает сквозной контроль за всеми процессами на площадке, а использование мобильных ИИ-ассистентов позволяет инженерному персоналу иметь доступ к актуальной информации о рисках в режиме реального времени, что значительно повышает качество управления строительством.

Литература

1. Гранова, Б.Э. Искусственный интеллект в строительной отрасли: настоящее состояние, перспективы развития / Б.Э. Гранова, Д.В. Гулякин // Наукосфера. – 2023. – № 4-1. – С. 172–177.

2. Баринов, Н.С. Применение искусственного интеллекта в строительстве в России: опыт, барьеры и перспективы масштабирования / Н.С. Баринов, А.Х. Ашрапов // Нефть и газ: опыт и инновации. – 2023. – Т. 7. – № 1. – С. 6–10.

3. Федорова, Д.В. Использование технологий искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы развития / Д.В. Федорова // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 3. – С. 79.

4. Золотых, З.А. Искусственный интеллект в строительстве: роль в автоматизации BIM-процессов / З.А. Золотых // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 116-20. – С. 17–20.

5. Мартынова, А.Д. Современные перспективы цифровизации строительной сферы / А.Д. Мартынова, С.Г. Васильева, С.А. Кошелева, Д.В. Гулякин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – С. 103–107.

References

1. Granova, B.E. Iskusstvennij intellekt v stroitelnoj otrasli: nastoyashchee sostoyanie, perspektivy razvitiya / B.E. Granova, D.V. Gulyakin // Naukosfera. – 2023. – № 4-1. – S. 172–177.

2. Barinov, N.S. Primenenie iskusstvennogo intellekta v stroitelstve v Rossii: opyt, barery i perspektivy masshtabirovaniya / N.S. Barinov, A.KH. Ashrapov // Neft i gaz: opyt i innovatsii. – 2023. – Т. 7. – № 1. – S. 6–10.

3. Fedorova, D.V. Ispolzovanie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v stroitelstve: sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya / D.V. Fedorova // Vestnik evrazijskoj nauki. –

2024. – Т. 16. – № 3. – С. 79.

4. Zolotykh, Z.A. Iskusstvennij intellekt v stroitelstve: rol v avtomatizatsii BIM-protsessov / Z.A. Zolotykh // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 116-20. – С. 17–20.

5. Martynova, A.D. Sovremennye perspektivy tsifrovizatsii stroitelnoj sfery / A.D. Martynova, S.G. Vasileva, S.A. Kosheleva, D.V. Gulyakin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – С. 103–107.

AI Systems for Ensuring Safety on the Construction Site

D.V. Gulyakin, A.D. Martynova, E.D. Fursa, E.N. Buchinskaya

*Kuban State Technological University,
Krasnodar (Russia)*

Key words and phrases: artificial intelligence; AI; construction; occupational health and safety; construction site safety; computer vision; personal protective equipment; predictive analytics; building information modeling technologies; monitoring.

Abstract. The objective of this study is to analyze the potential of artificial intelligence (AI) systems for ensuring industrial safety at construction sites. The tasks are to examine key areas of technology application, such as computer vision for monitoring the use of personal protective equipment, predictive analytics for forecasting emergency situations, and real-time equipment condition monitoring systems. Research hypothesis assumes that careful planning and implementation of AI with construction, artificial intelligence, computer vision, predictive analytics, BIM technologies, monitoring building information modeling technologies and modern robotic systems stimulates socioeconomic efficiency. Methods included theoretical analysis, systematization. Results achieved are as follows: the implementation of AI allows construction companies to move from passive monitoring to proactive risk management, significantly reducing the likelihood of industrial injuries and improving the overall efficiency of project management.

© Д.В. Гулякин, А.Д. Мартынова, Е.Д. Фурса, Е.Н. Бучинская, 2026

УДК 004.946

**Методы окклюзии
в дополненной реальности:
технические подходы, ограничения
и влияние на эффективность операторов
в промышленности**

П.В. Голодаевская¹, А.А. Кузнецов², А.С. Авчянц²

¹ ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»;

² ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва (Россия)

Ключевые слова и фразы: дополненная реальность; Индустрия 4.0; окклюзия; расширенная реальность.

Аннотация. В условиях цифровизации промышленного производства и развития концепции Индустрия 4.0 технологии расширенной реальности (XR) являются перспективным инструментом повышения эффективности производственных процессов, обучения и поддержки операторов. Одним из ключевых технических факторов, определяющих корректность и удобство работы XR-систем, является реализация окклюзии – механизма визуального перекрытия виртуальных и реальных объектов в соответствии с их пространственным расположением. Ошибки окклюзии приводят к искажению пространственного восприятия, увеличению когнитивной нагрузки и снижению эффективности работы операторов. Цель статьи – провести обзор современных методов реализации окклюзии в дополненной реальности, проанализировать их технические ограничения и влияние на эффективность операторов в промышленной среде. Задачи исследования: классифицировать основные технические подходы к реализации окклюзии в дополненной реальности; выявить ограничения данных подходов в условиях реального производства; проанализировать влияние качества окклюзии на точность выполнения операций операторов. Методы исследования: сбор и анализ информации, сравнительный анализ, классификация и обобщение полученных данных, обзор научной литературы. Результаты: окклюзия является не только техническим, но и эргоно-

мическим параметром XR-систем, напрямую влияющим на безопасность и производительность труда.

Цифровизация и развитие концепции Индустрия 4.0 оказывают значительное влияние на промышленный сектор, способствуя трансформации традиционных производственных процессов и формируя предпосылки для активного внедрения технологий расширенной реальности (XR) [4]. Виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальность становятся инструментами повышения эффективности операций, обучения персонала и поддержки принятия решений в промышленной среде [2; 3].

Актуальность XR подтверждается динамикой рынка: по данным *Market Research Future*, объем мирового рынка виртуальной и дополненной реальности в промышленной индустрии в 2025 году достиг \$7,24 млрд и, согласно прогнозам, к 2035 году превысит \$89,78 млрд. Рост обусловлен стремлением предприятий повысить производительность труда, сократить эксплуатационные затраты и снизить количество ошибок при выполнении технологических операций.

Несмотря на активное развитие технологий, масштабное внедрение XR в промышленности ограничивается рядом технических проблем, одной из них является корректная реализация окклюзии – механизма визуального перекрытия виртуальных и реальных объектов в соответствии с их глубиной и пространственным положением. Ошибки окклюзии искажают пространственное восприятие, снижают точность визуальных инструкций и увеличивают когнитивную нагрузку операторов [8; 9]. В условиях промышленного производства такие искажения напрямую влияют на эффективность и безопасность выполняемых операций.

В связи с этим актуальной задачей является систематизация существующих методов окклюзии и анализ их применимости в промышленной среде.

Окклюзия является одним из ключевых факторов, определяющих качество визуального восприятия в системах дополненной реальности. Под окклюзией понимается корректное визуальное перекрытие виртуальных объектов реальными элементами сцены с учетом их пространственного расположения. При отсутствии корректной окклюзии виртуальные элементы отображаются поверх реальных объектов независимо от их относительного положения, что нарушает восприятие глубины и снижает реалистичность сцены [5].

Для промышленных AR-сценариев, таких как сборка, техническое обслуживание, диагностика оборудования и визуальная поддержка операторов, корректная окклюзия имеет критическое значение. Виртуальные инструкции, указатели и подсказки должны быть точно интегрированы в реальное рабочее пространство, чтобы оператор мог однозначно интерпретировать порядок действий и пространственные взаимосвязи между объектами [1]. Ошибки окклюзии способны исказить представление о положении деталей и инструментов, что особенно опасно при выполнении точных или потенциально опасных операций.

Современные методы реализации окклюзии в AR можно условно разделить на три основные группы: модельно-ориентированные методы, методы на основе датчиков глубины, методы компьютерного зрения и машинного обучения.

Модельно-ориентированные методы основаны на использовании заранее известных трехмерных моделей реальных объектов. В промышленной среде такими моделями выступают CAD-данные оборудования (рис. 1). На основе этих моделей формируется маска глубины или карта отсечения, позволяющая корректно определять, какие части виртуального объекта должны быть скрыты реальными элементами сцены [10]. Преимуществом данного подхода является высокая точность окклюзии. Однако применение данного ме-



Рис. 1. Принцип реализации модельно-ориентированного метода



Рис. 2. Принцип реализации метода на основе данных глубины

тогда ограничено необходимостью наличия актуальных и точных 3D-моделей, а также чувствительностью к отклонениям геометрии, износу оборудования и изменениям производственной среды. Таким образом, метод эффективен в статичных средах, но менее устойчив к динамическим изменениям.

Другую группу составляют методы, использующие данные глубины, получаемые с помощью *RGB-D* камер, *LiDAR*-сенсоров или стереокамер (рис. 2). В таких системах окклюзия формируется на основе карты глубины сцены в режиме реального времени, что позволяет учитывать динамические объекты, включая руки оператора, инструменты и перемещаемые детали [7; 11]. Получение карты глубины от сенсоров позволяет вычислить расстояние до каждого пикселя реального пространства и сравнить координаты виртуальных и реальных объектов: если реальный пиксель ближе, виртуальный объект рендерится с альфа-маской или клиппингом. Данный подход является более универсальным по сравнению с модельно-ориентированным методом, поскольку не требует предварительного моделирования всех объектов сцены. Вместе с тем точность окклюзии напрямую зависит от качества данных глубины, которые в условиях промышленного производства могут



Рис. 3. Сегментация на основе компьютерного зрения

ухудшаться из-за освещения, отражающих поверхностей, пыли и вибраций.

Также сейчас активно используют методы компьютерного зрения и машинного обучения для сегментации объектов сцены и определения областей окклюзии (рис. 3). Нейросетевые модели применяются для выделения границ объектов, распознавания рук оператора и определения их относительного положения по глубине [6; 12]. Преимуществом данного метода является возможность адаптации к сложным и изменяющимся условиям производства. Однако данный метод характеризуется высокой вычислительной сложностью, высокой потребностью в обучающих данных, частым количеством ошибок.

Несмотря на разнообразие существующих методов окклюзии, их практическое применение в промышленной дополненной реальности сталкивается с рядом существенных технических ограничений из-за вычислительных ресурсов носимых устройств, задержек обработки данных и нестабильности пространственной регистрации. В реальном производстве ситуация усложняется динамикой среды: движением оператора и оборудования, изменением освещения, вибрациями, пылью и отражающими поверхностями, что снижает точность карт глубины и алгоритмов отслеживания. В результате возникает некорректное перекрытие объектов, что напрямую влияет на работу оператора.

Ошибки окклюзии повышают когнитивную нагрузку, затрудняют восприятие инструкций и увеличивают вероятность неточностей при выполнении операций и время их выполнения. Стабильная и корректная визуализация, напротив, ускоряет выполнение задач и повышает безопасность.

Корректная реализация окклюзии является одним из ключевых факторов надежности и эффективности *AR*-систем в промышленности.

В ходе анализа рассмотрены три основные группы методов: модельно-ориентированные, основанные на данных глубины, методы компьютерного зрения и машинного обучения. Выявлены преимущества и ограничения каждого подхода и установлено, что технические ограничения – нестабильность глубинных данных, задержки обработки, динамичность сцены – оказывают прямое влияние на когнитивную нагрузку и точность действий операторов. Некорректная окклюзия снижает эффективность визуальных инструкций и ограничивает практическое внедрение *AR* в реальных производственных условиях. Таким образом, окклюзия напрямую влияет на производительность и безопасность операторов.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка адаптивных гибридных методов окклюзии для промышленной среды и проведение исследований, направленных на оценку влияния качества визуализации на эффективность работы пользователей.

Литература

1. Белоусов, П.Е. Очки смешанной реальности HoloLens. Особенности применения в горнодобывающей отрасли / П.Е. Белоусов, Е.С. Шульга // Горная промышленность. – 2017. – № 2(132).
2. Кузнецов, А.А. Роль технологий робототехники в достижении целей устойчивого развития / А.А. Кузнецов, Д.А. Комаров // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2024. – № 12(162). – С. 181–184.
3. Зуев, А.С. Технологии расширенной реальности – новый компонент промышленной инженерии и производственных систем / А.С. Зуев, М.А. Макущенко, М.Е. Иванов, Е.С. Меркулов // Российский технологический журнал. – 2020. – Т. 8. – № 4(36). – С. 46–65.
4. Уварова, А.Г. Тенденции в производстве, которые меняют отрасль / А.Г. Уварова // Качество в производственных и социально-экономических системах АПК : сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 28 ноября 2024 года. – Курск : Университетская книга, 2024. – С. 218–222.
5. Berger, M.O. Resolving Occlusion in Augmented Reality: A Contour Based Approach Without 3D Reconstruction / M.O. Berger // Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – IEEE, 1997. – P. 91–96.
6. He, K. Mask R-CNN / K. He, G. Gkioxari, P. Dollár, R. Girshick // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2017. – P. 2961–2969.
7. Li, J. A Monocular Visual SLAM System Augmented by Lightweight Deep Local Feature Extractor Using In-House and Low-Cost LIDAR-Camera Integrated Device / J. Li, Ch. Shi, J. Chen // International Journal of Digital Earth. – 2022. – Vol. 15. – No. 1. – P. 1929–1946.
8. Li W. et al. Real-Time Occlusion Handling for Augmented Reality Assistance Assembly Systems with Monocular Images / W. Li, J. Wang, M. Liu, S. Zhao // Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – T. 62. – P. 561–574. – DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.01.012.
9. Pietschmann, L. Enhancing User Performance and Human Factors through Visual Guidance in AR Assembly Tasks / L. Pietschmann, M. Schimpf, Z.-T. Chen, H. Pfister, T. Bohné // Proceedings of the Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2025. – P. 1–8.
10. Reitmayr, G. Going out: Robust Model-Based Tracking for Outdoor Augmented Reality / G. Reitmayr, T.W. Drummond // 2006 IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. – IEEE, 2006. – P. 109–118.
11. Shin, Y.S. DVL-SLAM: Sparse Depth Enhanced Direct Visual-LiDAR SLAM / Y.S. Shin, Y.S. Park, A. Kim // Autonomous Robots. – 2020. – Vol. 44. – No. 2. – P. 115–130.
12. Tang, X. GrabAR: Occlusion-aware Grabbing Virtual Objects in AR / X. Tang, X. Hu, C.-W. Fu, D. Cohen-Or // Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2020. – P. 697–708. – DOI: 10.1145/3379337.3415835.

References

1. Belousov, P.E. Oчки smeshannoj realnosti HoloLens. Osobennosti primeneniya v

gornodobyvayushchej otrasli / P.E. Belousov, E.S. SHulga // Gornaya promyshlennost. – 2017. – № 2(132).

2. Kuznetsov, A.A. Rol tekhnologij robototekhniki v dostizhenii tselej ustojchivogo razvitiya / A.A. Kuznetsov, D.A. Komarov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : NTF RIM. – 2024. – № 12(162). – S. 181–184.

3. Zuev, A.S. Tekhnologii rasshirenoj realnosti – novij komponent promyshlennoj inzhenerii i proizvodstvennykh sistem / A.S. Zuev, M.A. Makushchenko, M.E. Ivanov, E.S. Merkulov // Rossijskij tekhnologicheskij zhurnal. – 2020. – T. 8. – № 4(36). – S. 46–65.

4. Uvarova, A.G. Tendentsii v proizvodstve, kotorye menyayut otrasl / A.G. Uvarova // Kachestvo v proizvodstvennykh i sotsialno-ekonomicheskikh sistemakh APK : sbornik nauchnykh statej 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii, Kursk, 28 noyabrya 2024 goda. – Kursk : Universitetskaya kniga, 2024. – S. 218–222.

Occlusion Methods in Augmented Reality: Technical Approaches, Limitations and Impact on Operator Efficiency in Industry

P.V. Golodaevskaya, A.A. Kuznetsov, A.S. Avchiyants

*MIREA – Russian Technological University;
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: augmented reality; Industry 4.0; occlusion; extended reality.

Abstract. In the context of industrial digitalization and the development of the Industry 4.0 concept, extended reality (XR) technologies are considered a promising tool for improving production efficiency, training, and operator support. One of the key technical factors determining the accuracy and usability of XR systems is occlusion – the mechanism of visually correct overlapping of virtual and real objects according to their spatial position. Occlusion errors lead to distorted spatial perception, increased cognitive load, and reduced operator performance. The purpose of this paper is to review current methods for implementing occlusion in augmented reality, analyze their technical limitations, and assess their impact on operator performance in industrial environments. The research objectives include classifying the main technical approaches to AR occlusion, identifying their limitations under real production conditions, and analyzing how occlusion quality affects the accuracy of operator task execution. The research methods include information collection and analysis, comparative analysis, classification and generalization of findings, and a review of scientific literature. The results show that occlusion should be considered not only a technical feature but also an ergonomic parameter of XR systems that directly affects workplace safety and productivity.

© П.В. Голодаевская, А.А. Кузнецов, А.С. Авчианц, 2026

УДК 622.24

Устойчивость режимов работы нагнетательных скважин при проведении работ по смене штуцеров

В.В. Марьинских¹, П.С. Пушмин², М.Ю. Данько³, С.В. Остах⁴

¹ ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча»,
г. Ленск (Россия);

² ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет»,
г. Иркутск (Россия);

³ ФГБОУ ВО «Тюменский институт нефти и газа»,
г. Тюмень (Россия);

⁴ ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии
имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук»,
г. Москва (Россия)

Ключевые слова и фразы: анализ разработки; гидродинамическое моделирование; математические методы в нефтяной промышленности; прокси-моделирование; разработка нефтяных месторождений; управление заводнением.

Аннотация. Работа направлена на обеспечение устойчивости режимов работы нагнетательных скважин при проведении работ по смене штуцеров не на одной, а на нескольких нагнетательных скважинах куста. Гипотеза исследования заключалась в предположении о разбалансировке системы поддержания пластового давления (ППД). В задачи исследования входила оценка регулируемости гидравлического сопротивления в системе закачки, например, при помощи задвижек или штуцеров на устье с перераспределением закачки. Установка системы дистанционного регулирования закачки в условиях высокой устойчивости режимов позволит сократить как операционные, так и временные затраты на выезд бригад с целью смены штуцера и обеспечения оптимальной приемистости. Результаты показали возможность более полного распределения потока воды в пласте и, как следствие, повышения эффективности выработки запасов методами ППД.

Современные тенденции развития мировой нефтяной отрасли все больше тяготеют к процессам управления добычей посредством регулирования режимов работы нагнета-

тельных скважин [1].

В настоящее время значительное число месторождений эксплуатируется на поздних стадиях разработки [2].

Управление заводнением – актуальное направление для развития нефтяной отрасли, позволяющее продлить срок эксплуатации, сократить темп обводнения добываемой продукции и операционные затраты [3].

Одной из основных задач при управлении заводнением является соблюдение заданных оптимальных режимов работы нагнетательных скважин [4], которые определяются в ходе многовариантных расчетов на полномасштабной гидродинамической или прокси-модели.

С практической точки зрения это означает, что необходимо регулировать гидравлические сопротивления в системе закачки, например, при помощи задвижек или штуцеров на устье. Нагнетательные скважины, как правило, объединены в связанную гидравлическую систему, и невозможно за один подход оператора нефтепромысла выставить оптимальный режим без изменения приемистости на скважинах, гидравлически связанных с оптимизируемой. Отсюда возникает необходимость менять штуцеры не на одной, а на нескольких нагнетательных скважинах куста.

Одним из основных способов управления работой нагнетательной скважины является дросселирование потока жидкости в водоводах путем установки штуцеров различных диаметров [5].

Система поддержания пластового давления (ППД) представляет собой комплекс технологического оборудования, применимый для подготовки, транспортирования и закачки рабочего агента в пласт нефтяного месторождения [6].

Предположение о возможном перераспределении воды основано на наличии материального баланса в системе ППД, т.е. общий объем прокачиваемой воды является постоянным [7].

Проведение работы обусловлено требованиями по устойчивости режимов закачки, которые продиктованы задачами по управлению разработкой месторождений.

Представление системы ППД как связанной гидравлической сети при постоянстве суммарного прокачиваемого объема воды дает основание полагать, что изменение уровня закачки жидкости в одном элементе сети приведет к соответствующему приросту/убыли закачки в остальных частях системы и, как следствие, выведет из оптимального режима другие скважины (оптимальный режим отмечен красной горизонтальной линией на рис. 1).

Согласно подобному представлению системы закачки воды, анализ статистических данных подразделяется на два направления:

- оценка влияния изменения режима i -й нагнетательной скважины j -го куста на другие нагнетательные скважины рассматриваемого куста с целью анализа степени логичности регистрируемых взаимовлияний и, соответственно, наличия/отсутствия возможности проведения гидравлических расчетов;
- оценка доли фонда нагнетательных скважин, для которых отмечается разбалансировка режима при изменении приемистости на другой скважине того же куста, с целью анализа степени устойчивости системы для случаев «логичного» или прогнозируемого взаимовлияния.

Разбалансировка режима означает, что приемистость рассматриваемой скважины вышла из допустимого коридора отклонений после коррекции режима скважины того же куста. Указанный коридор рассчитывается исходя из текущего режима согласно следующим зависимостям:

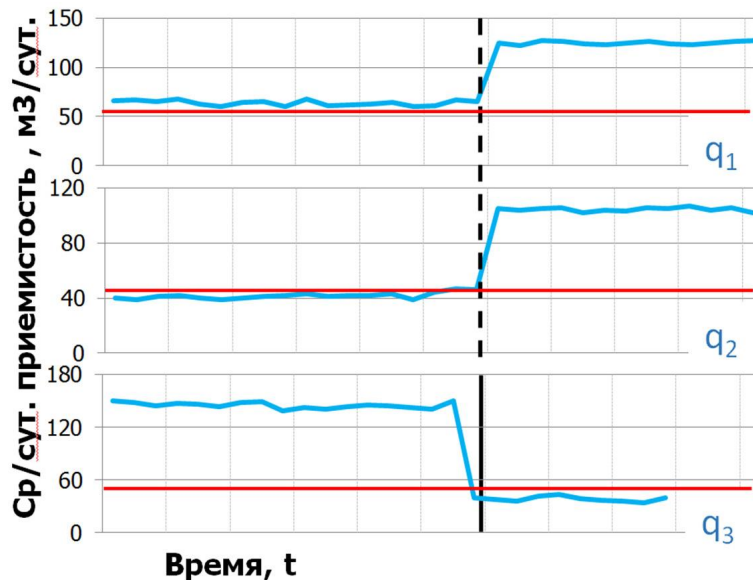


Рис. 1. Схематичное представление приемистости скважин одного куста

- если $q_{\text{тек}} < 100 \text{ м}^3/\text{сут}$, то $\pm 20 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- если $100 \text{ м}^3/\text{сут} \leq q_{\text{тек}} < 250 \text{ м}^3/\text{сут}$, то $\pm 20 \%$;
- если $250 \text{ м}^3/\text{сут} \leq q_{\text{тек}} < 500 \text{ м}^3/\text{сут}$, то $\pm 50 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- если $q_{\text{тек}} \geq 500 \text{ м}^3/\text{сут}$, то $\pm 10 \%$.

В соответствии с результатами анализа двух направлений – логичности и устойчивости – появляется возможность сформировать вывод о целесообразности установки систем дистанционного регулирования.

Для проверки логичности взаимосвязи, а также устойчивости режимов работы предполагается оценка наличия либо отсутствия эффекта материального баланса в кустовой системе закачки на примере скважин объекта ЮВ11 Ватьеганского месторождения в пределах ЦДНГ-3 и объекта БВ8 Повховского месторождения в пределах ЦДНГ-4.

Проведен анализ промысловых показателей эксплуатации нагнетательных скважин, работающих на одном кусте, с целью проверки гипотезы наличия материального баланса и предположения о разбалансировке системы ППД (перераспределении закачки) при проведении мероприятий.

В масштабах куста данный эффект массово не подтвердился, что было выявлено анализом ежедневных замеров приемистости из «шахматов». Также зачастую при смене штуцера ожидаемого изменения режима на целевой скважине не происходило.

Обратимся к промысловым данным реальных скважин и рассмотрим отсутствие эффекта потокораспределения на примере куста № 544 Ватьеганского месторождения (рис. 2), на котором работают две нагнетательные скважины, что позволяет наглядно, без интерференции от работы большого количества скважин, проследить за поведением двух элементов в совместно работающей ТГС. Стоит отметить, что поиск зависимостей между показателями работы скважин рассмотрен по гораздо большему количеству кустовых площадок.

На рис. 3 представлены графики работы скважин № 9131 и № 9133.

Основная идея – наглядно отразить предполагаемый отклик в работе нагнетательной скважины при изменении режима работы соседней скважины, работающей на том же

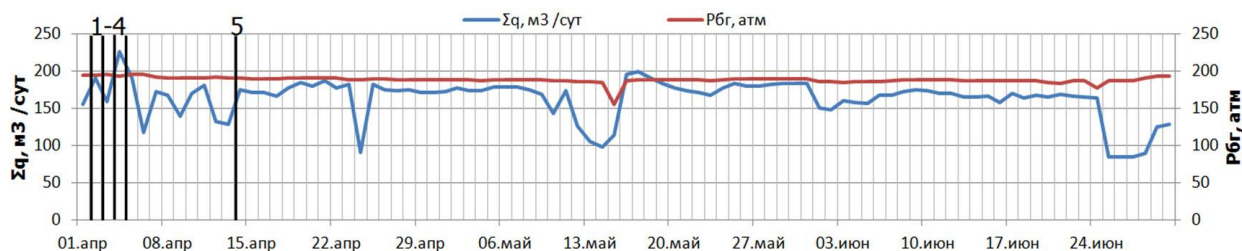


Рис. 2. Суммарная закачка воды на кусте № 544 и давление на блоке гребенки. Проведенные мероприятия: 1 – 2.04.2019 смена штуцера с 5 мм на 4 мм на скв. № 9131; 2 – 3.04.2019 г. смена штуцера с 4 мм на 6 мм на скв. № 9131; 3 – 4.04.2019 г. смена штуцера с 6 мм на 5 мм на скв. № 9131; 4 – 5.04.2019 г. установка регулируемого штуцера на скв. № 9131; 5 – 14.04.2019 г. регулировка штуцера с 4 мм до 5 мм на скв. № 9131

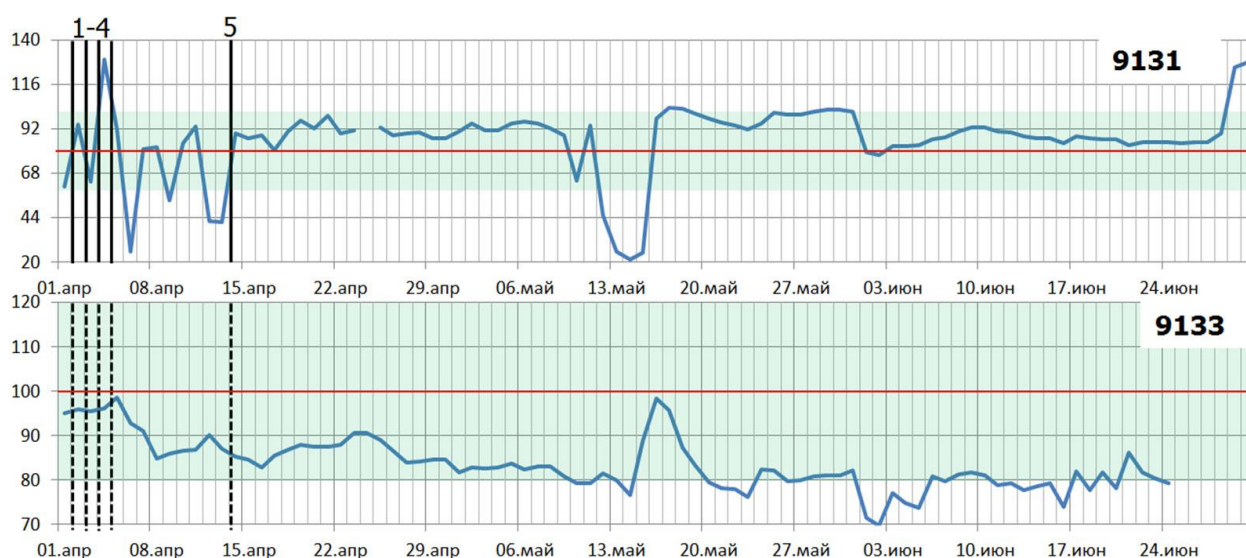


Рис. 3. Среднесуточная приемистость нагнетательных скважин (куст № 544, апрель-июнь 2019 г.). Проведенные мероприятия: 1 – 2.04.2019 смена штуцера с 5 мм на 4 мм на скв. № 9131; 2 – 3.04.2019 г. смена штуцера с 4 мм на 6 мм на скв. № 9131; 3 – 4.04.2019 г. смена штуцера с 6 мм на 5 мм на скв. № 9131; 4 – 5.04.2019 г. установка регулируемого штуцера на скв. № 9131; 5 – 14.04.2019 г. регулировка штуцера с 4 мм до 5 мм на скв. № 9131

кусте.

Изначально предполагалось, что наличие условия материального баланса в кустовой системе закачки позволит регулировать объем подаваемой воды к определенной группе скважин путем изменения режима работы на другой. Т.е. отключение скважины, работающей с приемистостью в $500 \text{ м}^3/\text{сут}$, позволит перераспределить (в зависимости от фильтрационно-емкостных свойств) данный объем воды в пределах остальных скважин рассматриваемого куста. Однако при анализе фактических исходных данных гипотеза не подтвердилась.

Для начала рассмотрим суммарный объем воды, приходящий на куст № 544 (рис. 2).

Черными линиями отмечены проводимые мероприятия на скважине № 9131.

Как мы видим, даже при постоянном давлении происходят изменения закачки от

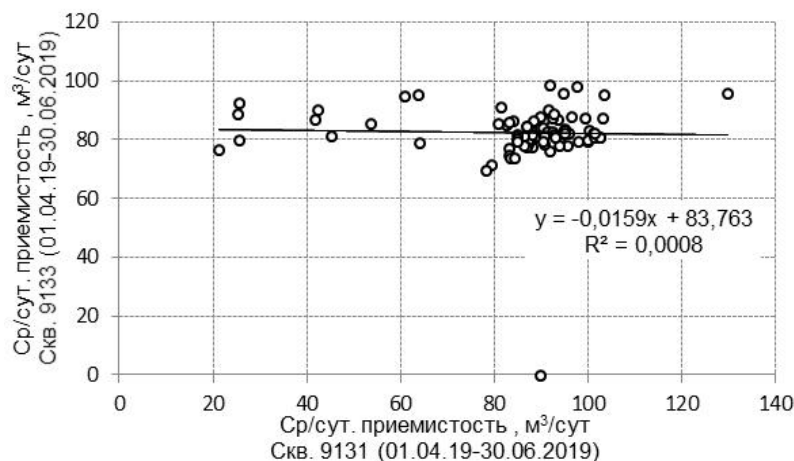


Рис. 4. Зависимость приемистости между скв. 9131, 9133 (куст № 544 апрель-июнь 2019 г.)

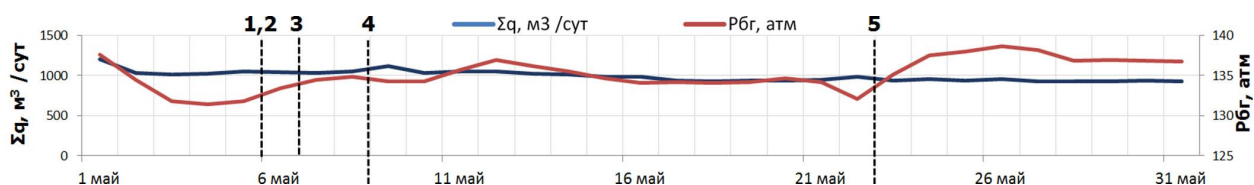


Рис. 5. Суммарная закачка воды на кусте № 88 и давление на блоке гребенки.

Проведенные мероприятия: 1 – 6.05.2020 ревизия штуцера на скв. № 6334; 2 – 6.05.2020 смена штуцера с 6 мм на 5 мм на скв. № 6398; 3 – 7.05.2020 г. установка штуцера 10 мм на скв. № 6398; 4 – 5.04.2019 г. смена штуцера с 8 мм на 10 мм на скв. № 2317; 5 – 14.04.2019 г. смена штуцера с 10 мм на 9 мм на скв. № 6276

80 м³/сут до 220 м³/сут, что говорит либо о некорректности данных, либо об отсутствии перераспределения закачки. Наличие таких сильных колебаний при отсутствии мероприятий говорит о том, что на приемистость кроме смены штуцера влияет целый комплекс параметров, которые также нужно учитывать.

В период со 2 по 5 апреля на скважине № 9131 проводились мероприятия по смене штуцеров, однако это значительно не повлияло на работу скважины № 9133 (рис. 3). Скважина находилась в границах оптимизированности, которые выделены зеленым, как до, так и после мероприятий.

Коэффициент корреляции между рассмотренной парой скважин близок к нулю, взаимовлияние отсутствует (рис. 4).

В некоторых случаях проведение мероприятия на одной скважине разбалансирует другую. Обратимся к промысловым данным скважин куста № 88 Повховского месторождения, на котором работают семь нагнетательных скважин.

Суммарный объем воды, приходящий на куст № 88, представлен на рис. 5. Черными линиями отмечены проводимые мероприятия на скважинах.

Стоит обратить внимание, что за рассматриваемый период суммарная закачка была постоянна, вода перераспределялась между скважинами.

Наглядно рассмотрим это на примере скважин № 2317, 6334, 6398, 6276, куста № 88 (рис. 6).

Пары скважин № 2317, 6334 и № 6398, 6276 показали высокую корреляцию, подроб-

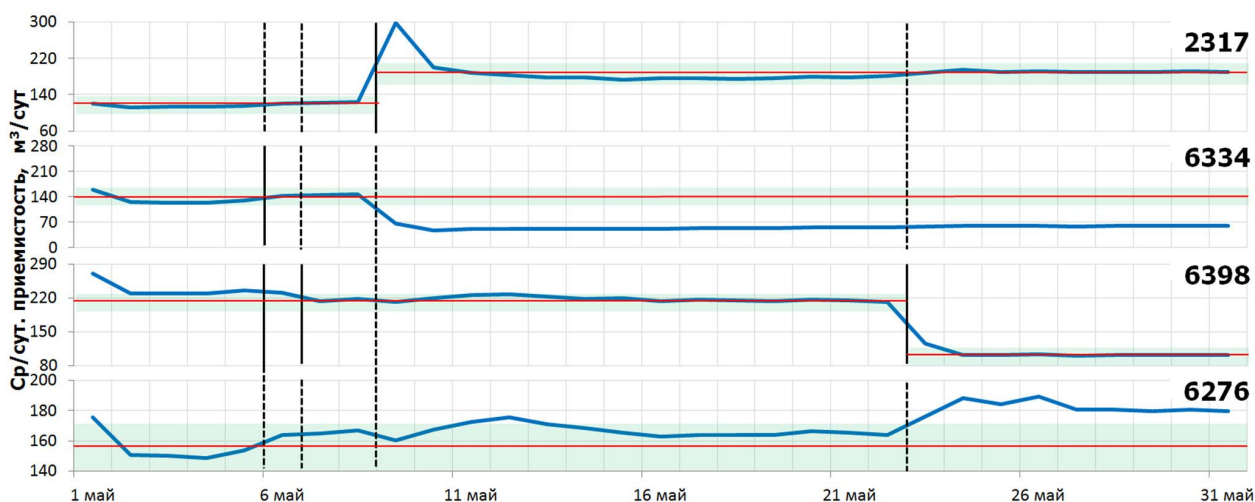


Рис. 6. Среднесуточная приемистость нагнетательных скважин № 2317, 6334, 6398, 6276, май 2020 г. Проведенные мероприятия:
 1 – 6.05.2020 ревизия штуцера на скв. № 6334; 2 – 6.05.2020 смена штуцера с 6 мм на 5 мм на скв. № 6398; 3 – 7.05.2020 г. установка штуцера 10 мм на скв. № 6398;
 4 – 5.04.2019 г. смена штуцера с 8 мм на 10 мм на скв. № 2317; 5 – 14.04.2019 г. смена штуцера с 10 мм на 9 мм на скв. № 6276

Таблица 1. Матрица корреляций (куст № 88)

	2317	6276	6307	6332	6334	6358	6398
2317		0,45	0,51	- 0,44	- 0,77	0,34	- 0,41
6276	0,45		0,97	- 0,16	- 0,43	0,97	- 0,76
6307	0,51	0,97		- 0,19	- 0,47	0,92	- 0,75
6332	- 0,44	- 0,16	- 0,19		0,61	0,01	0,21
6334	- 0,77	- 0,43	- 0,47	0,61		- 0,27	0,40
6358	0,34	0,97	0,92	0,01	- 0,27		- 0,67
6398	- 0,41	- 0,76	- 0,75	0,21	0,40	- 0,67	

Таблица 2. Оценка тесноты корреляционной связи

Теснота связи	Величина R^2 (по модулю)	Теснота связи	Величина R^2 (по модулю)
Связь отсутствует	0–0,2	Средняя	0,5–0,75
Слабая	0,2–0,5	Сильная	0,75–0,95

нее в табл. 1, при этом на скважинах № 6307, 6276, 6358 «прямая» связь (при росте закачки на одной скважине она росла и на других), что говорит о том, что гидродинамическая связь между скважинами куста различна.

В ходе выполнения работы было проанализировано 75 нагнетательных скважин Вагъганского месторождения, работающих на объекте ЮВ1/1 и 180 скважин Повховского месторождения, работающих на объекте БВ8 (табл. 1).

Полученные данные представлены на рис. 7, 8.

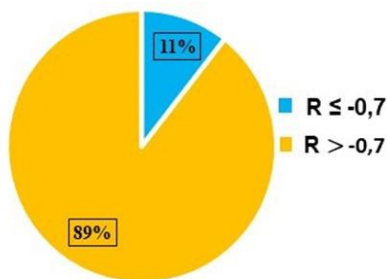


Рис. 7. Распределение коэффициентов корреляции между скважинами Ватьеганского месторождения, ЦДНГ-5

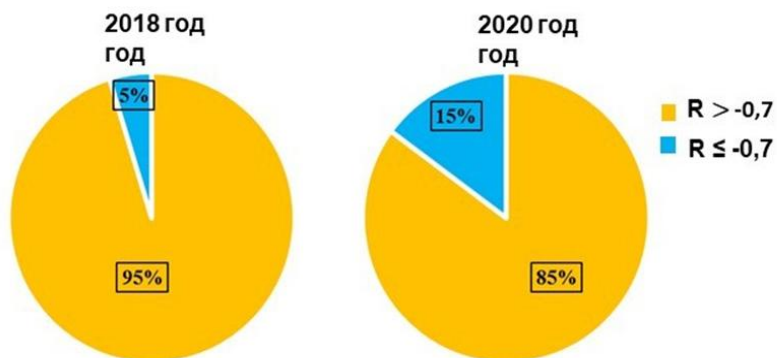


Рис. 8. Распределение коэффициентов корреляции между скважинами Повховского месторождения, ЦДНГ-4

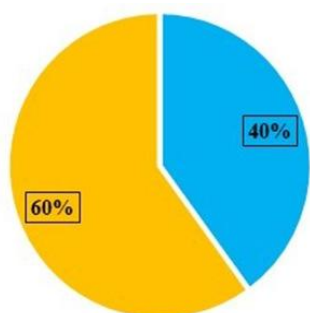


Рис. 9. Распределение вышедших из режима скважин из числа тех, по которым была установлена гидродинамическая связь

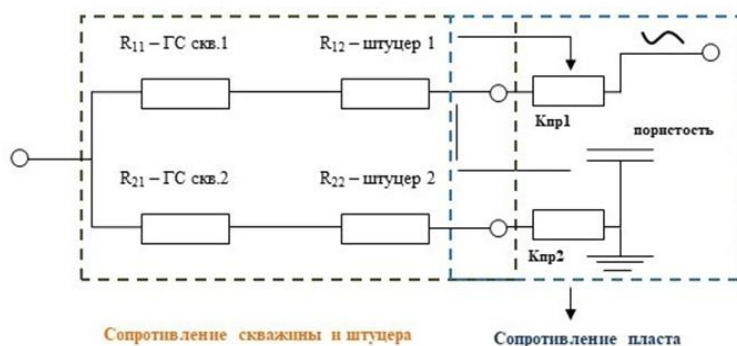


Рис. 10. Авторское представление пласта и нагнетательной скважины в виде электрической модели

Из выборки объемом в 75 нагнетательных скважин Ватьеганского месторождения у 89 % корреляционная связь практически отсутствует, что не позволяет сделать выводы о гидродинамической связи.

Из выборки объемом в 86 нагнетательных скважин в 2020 году у 71 скважины (83 %) корреляционная связь незначительна, что не позволяет сделать выводы о гидродинамической связи.

Таким образом, из всей выборки по нагнетательным скважинам только в 17 % случаев (15 скв.) можно говорить о наличии корреляционной зависимости между приемистостями.

Из выборки объемом в 140 нагнетательных скважин в 2018 году у 133 скважин (95 %) корреляционная связь ниже порога, что не позволяет сделать выводы о гидродинамической связи. Из всей выборки по нагнетательным скважинам только в 5 % случаев (7 скв.) можно говорить о наличии корреляционной зависимости между приемистостями скважин.

Из общего числа скважин, по которым гидродинамическая связь была установлена, при смене штуцера вышли из режима 40 % (рис. 9).

Объяснить это можно только тем, что нет линейной связи между диаметром штуцера и приемистостью и, как следствие, перераспределения закачки, в связи с тем что гидравлическое сопротивление штуцера нельзя рассматривать в отдельности от гидравлическо-

го сопротивления пласта, которое является переменной величиной.

В работе Брукса (*W.A Bruce Electrical Device for Analyzing Oil-Reservoir Behavior*) [7] нефтяной пласт представляется в виде эклектической сети, состоящей из сопротивлений и конденсаторов. Конденсаторы моделировали пористость пласта, а сопротивления – проницаемость.

В общем случае проницаемость пласта непостоянна даже для одной скважины.

По аналогии с этой схемой можно представить штуцер как сопротивление, а трубы – как проводники (рис. 10), при этом аналог напряжения – это давление, а аналог силы тока – это дебит (приемистость).

Предполагая, что приемистость (сила тока – I) зависит от диаметра штуцера (сопротивление линейно), мы рассматриваем только правую часть схемы 10, полностью отбрасывая влияние пласта. Однако это допущение справедливо только для уединенных нагнетательных скважин, на которые нет влияния через пласт соседних добывающих и нагнетательных скважин. И даже тогда это условие может не работать.

Сопротивление пласта зависит от силы тока (приемистости), что моделирует эффект авто-ГРП (гидравлический разрыв пласта), причем зависимость может носить сложный, нелинейный характер.

Гипотеза о том, что смена штуцера на одной нагнетательной скважине приводит к «разбалансировке» гидродинамически связанных скважин через систему поверхностного обустройства в рамках куста, не подтверждается на практике.

Невозможно создать детальную полностью интегрированную модель нефтяного месторождения без использования почасовых (или даже минутных замеров), а также анализа взаимовлияния добывающих и нагнетательных скважин через пласт и систему поверхностного обустройства.

В совокупности все эти факторы говорят об устойчивости системы ППД при изменении режимов работы на отдельных скважинах. Однако результаты анализа, полученные на фонде Повховского и Ватьеганского месторождения, показали нестабильность работы нагнетательного фонда даже в период отсутствия мероприятий.

Таким образом, целесообразно оснащение скважин управляемыми задвижками с телеметрией, что в перспективе позволит более полно распределять потоки воды в пласте и, как следствие, повысить эффективность выработки запасов методами ППД.

Установка системы дистанционного регулирования закачки в условиях высокой устойчивости режимов позволит сократить как операционные, так и временные затраты на выезд бригад с целью смены штуцера и обеспечения оптимальной приемистости.

Литература

1. Рябец, Д.А. Автоматизация процессов управления режимами работы нагнетательных скважин при нейросетевой оптимизации на объекте БС8 Западно-Малобалыкского месторождения / Д.А. Рябец, В.В. Бескурский, Л.С. Бриллиант, А.С. Завьялов, Д.В. Горбунова, Е.А. Симаков // Деловой журнал *Neftegaz.RU*. – 2020. – № 2. – С. 52–57.

2. Агеев, Н.П. Комплексный подход к эксплуатации нефтяных месторождений на поздней стадии разработки / Н.П. Агеев, А.Ф. Пащенко // *Актуальные проблемы нефти и газа*. – 2017. – № 1(16). – С. 4.

3. Трофимчук, А.С. Новые подходы к применению горизонтальных скважин при заводнении / А.С. Трофимчук, Г.И. Хабибуллин, Д.Р. Ихсанов // *Экспозиция Нефть Газ*. – 2023. – № 5(98). – С. 74–77.

4. Валеев, С.А. Методические основы планирования и организации интенсивных систем заводнения (на примере пластов Ватъеганского и Тевлинско-Русскинского месторождений) / С.А. Валеев, М.Р. Дулкарнаев, Ю.А. Котенев, Ш.Х. Султанов, Д.Ю. Чудинова, Л.С. Бриллиант // Экспозиция Нефть Газ. – 2016. – № 3(49). – С. 38–42.
5. Сысолятин, А.А. Методы интенсификации работы нагнетательных скважин / А.А. Сысолятин // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 8-1(20). – С. 33–35.
6. Bruce, W.A. An Electrical Device for Analyzing Oil-reservoir Behavior / W.A. Bruce // Trans. AIME. – 1943. – Vol. 151. – P. 112–124. – DOI: 10.2118/943112-G.

References

1. Ryabets, D.A. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya rezhimami raboty nagnetatelnykh skvazhin pri nejrosetevoj optimizatsii na obekte BS8 Zapadno-Malobalykского mestorozhdeniya / D.A. Ryabets, V.V. Beskurskij, L.S. Brilliant, A.S. Zavyalov, D.V. Gorbunova, E.A. Simakov // Delovoj zhurnal Neftegaz.RU. – 2020. – № 2. – S. 52–57.
2. Ageev, N.P. Kompleksnij podkhod k ekspluatatsii neftyanykh mestorozhdenij na pozdnej stadii razrabotki / N.P. Ageev, A.F. Pashchenko // Aktualnye problemy nefti i gaza. – 2017. – № 1(16). – S. 4.
3. Trofimchuk, A.S. Novye podkhody k primeneniyu gorizontalnykh skvazhin pri zavodnenii / A.S. Trofimchuk, G.I. KHabibullin, D.R. Ikhsanov // Ekspozitsiya Neft Gaz. – 2023. – № 5(98). – S. 74–77.
4. Valeev, S.A. Metodicheskie osnovy planirovaniya i organizatsii intensivnykh sistem zavodneniya (na primere plastov Vateganskogo i Tevlinsko-Russkinskogo mestorozhdenij) / S.A. Valeev, M.R. Dulkarnaev, YU.A. Kotenev, SH.KH. Sultanov, D.YU. CHudinova, L.S. Brilliant // Ekspozitsiya Neft Gaz. – 2016. – № 3(49). – S. 38–42.
5. Sysolyatin, A.A. Metody intensivifikatsii raboty nagnetatelnykh skvazhin / A.A. Sysolyatin // Simvol nauki: mezhdunarodnij nauchnij zhurnal. – 2016. – № 8-1(20). – S. 33–35.

Stability of Injection Well Operations During Choke Replacement

V.V. Maryinskikh¹, P.S. Pushmin¹, M.Yu. Danko², S.V. Ostakh³

¹ *Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk (Russia);*

² *Tyumen Oil and Gas Institute,
Tyumen (Russia);*

³ *A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry,
Russian Academy of Sciences,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: oil field development; reservoir analysis; mathematical methods in the oil industry; waterflooding management; proxy modeling; hydrodynamic modeling.

Abstract. The work is aimed at ensuring the stability of the injection well operation modes when carrying out work on changing the fittings not on one, but on several injection wells of the bush. The research hypothesis was based on the assumption of the unbalance of the

reservoir pressure maintenance (**RPM**) system. The research objectives included assessing the controllability of the hydraulic resistance in the injection system, for example, by means of valves or fittings at the mouth with the redistribution of the injection. The installation of a remote injection control system in conditions of high stability of modes will reduce both operational and time costs for the exit of the teams in order to change the nozzle and ensure optimal intake. The results showed the possibility of more complete distribution of water flows in the formation and, as a result, to increase the efficiency of the development of reserves by methods of RPM.

© В.В. Марьинских, П.С. Пушмин, М.Ю. Данько, С.В. Остах, 2026

УДК 316.343.653

Развитие менеджмента в эпоху цифровых трансформаций: эволюция концепций и практик

Л.В. Сушенцов, О.И. Недельченко

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
г. Уфа (Россия)*

Ключевые слова и фразы: бизнес-процессы; инновации; менеджмент; организационное развитие; управленческая парадигма; управленческие компетенции; цифровая трансформация.

Аннотация. В работе исследуется эволюция управленческих концепций в условиях цифровой трансформации бизнеса. Актуальность исследования обусловлена необходимостью адаптации организаций к новым реалиям, порожденным технологическим прогрессом, глобализацией и изменением социальных ожиданий.

Цель исследования – проанализировать трансформацию менеджмента, выявить ключевые тенденции его развития и определить перспективные направления совершенствования в цифровой среде. Методологическую основу составили системный и сравнительный анализ, методы обобщения, классификации и эмпирического исследования (на материале российских компаний).

В ходе исследования:

- прослежена эволюция управленческих парадигм от классической школы (Тейлор, Файоль, Вебер) к цифровой модели управления;
- раскрыты особенности современных управленческих практик: децентрализация, фасилитация, итеративные процессы, цифровые экосистемы;
- проанализированы кейсы цифровизации российских предприятий («Сибур Холдинг»);
- рассмотрены тренды цифровизации в финансовом секторе и регуляторные вызовы;
- выявлены ключевые вызовы цифровой трансформации (этические дилеммы, разрыв в компетенциях, риски кибербезопасности, сопротивление изменениям).

Сделан вывод, что цифровая трансформация менеджмента – не временный тренд, а фундаментальный сдвиг в понимании управления. Успех зависит не столько

от технологий, сколько от готовности организаций менять культуру, процессы и компетенции. Определены перспективные направления дальнейших исследований: цифровая этика, нейротехнологии, гибридные системы управления.

Введение

Современный этап развития менеджмента характеризуется беспрецедентной динамикой изменений, обусловленных технологическим прогрессом, глобализацией рынков и трансформацией социальных ожиданий. Традиционные управленческие модели, сформировавшиеся в XX веке, сталкиваются с новыми вызовами: возрастающей неопределенностью внешней среды, ускорением инновационных циклов, изменением природы труда и появлением цифровых бизнес-экосистем.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью теоретического осмысления происходящих изменений и выработки практических рекомендаций для управленцев, сталкивающихся с потребностью адаптации организаций к цифровой реальности. Цель работы – проанализировать эволюцию управленческих концепций, выявить ключевые тенденции развития менеджмента и определить перспективные направления его дальнейшего совершенствования.

Методологическую основу исследования составляют системный и сравнительный анализ, методы обобщения и классификации, а также эмпирические методы сбора и обработки данных.

Теоретические основы эволюции менеджмента

История управленческой мысли демонстрирует последовательную смену парадигм, каждая из которых отражала специфику своего времени и отвечала актуальным потребностям бизнеса. Классическая школа менеджмента, сформированная трудами Ф.У. Тейлора, А. Файоля и М. Вебера, заложила фундаментальные принципы рациональной организации труда, иерархического управления и формализации процессов. Эти идеи, доминировавшие в первой половине XX века, обеспечили значительный рост производительности, но оказались недостаточно гибкими для решения задач постиндустриальной эпохи.

Научный менеджмент Тейлора базировался на идее стандартизации рабочих процессов и четком разделении труда. Он предложил систему научного управления, основанную на тщательном изучении трудовых операций, отборе и обучении работников, а также на системе оплаты труда, зависящей от производительности. Файоль развил эти идеи, создав универсальные принципы управления, применимые к любой организации. Его концепция административной теории включала 14 принципов, среди которых разделение труда, единство командования и подчинение личных интересов общим.

Во второй половине XX века на смену классическому подходу пришла школа человеческих отношений (Э. Мэйо, Д. Макгрегор), акцентировавшая внимание на социально-психологических аспектах управления. Этот сдвиг был обусловлен осознанием ограниченности технократического подхода и необходимостью учета человеческого фактора в организации. Параллельно развивалась теория систем (Л. Берталанфи), предложившая рассматривать предприятие как открытую систему, взаимодействующую с внешней средой.

Теория систем привнесла новый взгляд на организацию как на сложный организм, состоящий из взаимосвязанных элементов. Этот подход позволил рассматривать управленческие решения в контексте их влияния на всю организацию и внешнюю среду.

Конец XX – начало XXI века ознаменовалось появлением ситуационного подхода (П. Лоуренс, Дж. Лорш), утверждавшего, что эффективность управленческих решений зависит от конкретных условий. Этот подход заложил основы адаптивного менеджмента, ставшего особенно актуальным в условиях возрастающей нестабильности рынков.

Ситуационный подход признал отсутствие универсальных принципов управления и подчеркнул важность учета специфики каждой ситуации. Он предложил менеджерам анализировать контекст и выбирать наиболее подходящие методы управления в зависимости от конкретных обстоятельств.

В настоящее время формируется новая управленческая парадигма, которую можно охарактеризовать как цифровую.

Цифровая парадигма управления представляет собой фундаментальный сдвиг в понимании организации и управления. Данные становятся не просто информацией, а стратегическим активом, определяющим конкурентные преимущества. Сетевая организация взаимодействия заменяет традиционную иерархию, создавая более горизонтальные структуры, где решения принимаются на основе компетенций, а не должности. Инновации становятся непрерывным процессом, встроенным в повседневную деятельность организации, а не периодическими проектами.

В условиях цифровизации происходит переход от традиционного администрирования и контроля к фасилитации – созданию условий для самоорганизации и развития потенциала сотрудников и организации в целом.

Фасилитация как подход к управлению подразумевает:

- создание среды для эффективного взаимодействия;
- развитие культуры инноваций и экспериментирования;
- поддержку самоорганизации команд;
- фокус на развитии человеческого потенциала;
- интеграцию технологий для усиления возможностей сотрудников.

Такой подход требует от современных руководителей развития новых компетенций и переосмысления традиционных управленческих практик, что делает процесс трансформации менеджмента непрерывным и динамичным.

Трансформация управленческих практик в цифровой среде

Цифровая трансформация оказывает системное влияние на все аспекты управленческой деятельности. В сфере стратегического управления наблюдается переход от долгосрочного планирования к адаптивным стратегиям, основанным на постоянной корректировке целей в соответствии с меняющимися условиями. Инструменты *big data* позволяют выявлять скрытые закономерности рынка и прогнозировать изменения потребительского поведения с высокой точностью.

Операционное управление трансформируется под влиянием автоматизации. Роботизированная автоматизация процессов (*RPA*) берет на себя операции, делая их быстрее и точнее, чем человек. Цифровые двойники предприятий позволяют моделировать производственные процессы в виртуальной среде, оптимизируя их до внедрения в реальность. Технологии блокчейн обеспечивают прозрачность цепочек поставок, снижая транзакционные издержки и риски мошенничества.

Современные технологии формируют новый инструментарий управленца. В сфере аналитики и принятия решений доминируют *BI*-системы (*Business Intelligence*), преобразующие массивы данных в наглядные отчеты и прогнозы. Такие платформы, как *Tableau* и *Microsoft Power BI*, позволяют создавать интерактивные дашборды, отражающие ключевые показатели эффективности в режиме реального времени.

Трансформация затрагивает и корпоративные коммуникации, теперь они строятся на основе интегрированных систем, объединяющих различные форматы взаимодействия. Интеграция коммуникационных инструментов с другими бизнес-системами создает единую экосистему управления. Это позволяет сократить время на рутинные операции, уменьшить количество ошибок и повысить прозрачность рабочих процессов. В то же время руководители и сотрудники должны осваивать новые инструменты, понимать принципы их работы и эффективно использовать для достижения бизнес-целей. Важным становится развитие навыков виртуального взаимодействия, умение работать в распределенных командах и поддерживать эффективную коммуникацию на расстоянии.

Трансформация управленческих практик требует и переосмысления профессиональных компетенций руководителя. Цифровая грамотность становится базовым навыком: менеджер должен понимать принципы работы ключевых технологий (искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей) и их потенциал для бизнеса. Это не предполагает глубоких технических знаний, но требует способности формулировать задачи для *IT*-специалистов и оценивать результаты их работы.

Эмпирическое исследование трансформации менеджмента в российских компаниях

Рассмотрим промышленное предприятие.

Традиционный завод уступает цифровому в плане эффективности, автоматизации и аналитики. Он часто характеризуется более низкой производительностью из-за ограниченной автоматизации и сложности оптимизации производственных процессов. Также традиционные заводы могут иметь большую зависимость от человеческого фактора, что повышает вероятность ошибок и замедляет процессы. Поэтому для устранения вышеперечисленных причин необходимо рассмотреть следующие задачи:

- повышение эффективности эксплуатации промышленного объекта за счет создания оперативного доступа к технической информации и единого стандарта управления инженерными данными, что позволит оптимизировать производственные процессы, улучшить управление и принимать более обоснованные стратегические решения, являющиеся ключевыми для достижения успеха и устойчивого развития компании;

- обеспечение непрерывности работы всех служб и систем промышленного объекта, создав единую точку управления промышленным активом, с целью повышения надежности функционирования производственного процесса, минимизации простоев и экономических потерь;

- упрощение процессов управления и координации, что в конечном итоге усилит производительность и общую эффективность деятельности предприятия;

- создание цифровой среды общих данных и обеспечение ее актуальности и доступности для всех сотрудников, тем самым повысится уровень синхронизации и обмен информацией, также возрастет оперативность принятия решений, что обеспечит единое информационное пространство для анализа данных и прогнозирования.

Все эти аспекты делают цифровой завод неотъемлемой частью современной про-

мышленности, способствуя повышению эффективности, экономии ресурсов и развитию индустрии в целом.

В качестве примера рассмотрим уже существующие цифровые технологии крупнейшей в России газоперерабатывающей и нефтехимической компании «Сибур Холдинг». СИБУР – это одна из крупнейших интегрированных энергетических и химических компаний в России, активно реализует цифровизацию своих производств и внедряет концепцию «цифрового завода». Цифровизация включает в себя применение современных цифровых технологий, аналитики данных, искусственного интеллекта, интернета вещей и автоматизации для оптимизации бизнес-процессов и повышения эффективности производства.

Основные аспекты цифровизации.

– Виртуальная реальность (*Virtual Reality (VR)*). Применение виртуальной реальности в производстве включает в себя обучение персонала с использованием виртуальных симуляторов, визуализацию и анализ данных сложных производственных процессов, проектирование и моделирование оборудования и технологических линий, а также управление и оптимизацию производственными операциями. Все это позволяет сократить сроки ремонта оборудования и повысить качество ремонтных работ.

– Программные роботы (*Robotic Process Automation (RPA)*) – технология автоматизации бизнес-процессов, использующая настраиваемых программных роботов. Программный робот – программа, которая имитирует действия человека, взаимодействуя с интерфейсом информационной системы, при этом программный робот работает для пользовательского интерфейса так же, как человек. Применение *RPA* позволяет увеличить уровень производительности и качества, а также поднять уровень безопасности (защита данных).

– Системы усовершенствованного управления технологическими процессами (*СУУТП*). Это система позволяет стабилизировать качество продукции, сократить производственные затраты за счет снижения энергозатрат и повысить промышленную безопасность за счет снижения влияния человеческого фактора при управлении технологическими процессами.

– Интеллектуальное видеонаблюдение. Данная технология позволяет контролировать аварийные ситуации и предупреждает о происшествиях. Также помимо видеонаблюдения компания ведет мониторинг процесса с помощью технического зрения, это позволяет очень точно оценить качество выпускаемой продукции.

Таким образом, можно сказать, что цифровой завод в СИБУРе обеспечивает повышение эффективности, экономию ресурсов, гибкость и инновации, что в итоге способствует укреплению конкурентоспособности компании и снижению рисков.

Несмотря на очевидные преимущества цифровизации, процесс трансформации сопровождается серьезными вызовами.

– Этические дилеммы. Внедрение ИИ в управление порождает вопросы прозрачности алгоритмов, справедливости автоматизированных решений и защиты персональных данных. Менеджеры сталкиваются с необходимостью балансировать между эффективностью и этическими нормами, особенно в чувствительных сферах (подбор персонала, кредитование, страхование).

– Разрыв в компетенциях. Скорость технологических изменений создает дисбаланс между требуемыми и имеющимися навыками управленцев. Многие руководители старшего поколения испытывают сложности с освоением цифровых инструментов, что замедляет трансформацию организаций.

– Риски кибербезопасности. Переход на цифровые платформы увеличивает уяз-

вимость бизнеса к кибератакам. Менеджеры должны учитывать угрозы утечки данных, взломов и цифрового шантажа, интегрируя кибербезопасность в стратегическое планирование.

– Сопrotивление изменениям. Корпоративная культура часто становится главным барьером цифровой трансформации. Сотрудники опасаются потери рабочих мест из-за автоматизации, а менеджеры среднего звена – снижения влияния в децентрализованных структурах.

– Регуляторные ограничения. Законодательство в сфере цифровых технологий развивается медленнее, чем сами технологии. Менеджеры вынуждены работать в условиях правовой неопределенности, особенно при трансграничном взаимодействии и использовании персональных данных.

Заключение

Цифровая трансформация менеджмента – не временный тренд, а фундаментальный сдвиг в понимании сущности управления. Ключевые выводы исследования:

1) эволюция управленческих парадигм отражает смену технологических укладов: от механистической модели Тейлора к цифровой экосистеме, основанной на данных и алгоритмах;

2) успех цифровой трансформации зависит не только от технологий, но и от готовности организаций менять культуру, процессы и компетенции;

3) роль менеджера трансформируется от контролера к фасилитатору, способному интегрировать человеческий и искусственный интеллект;

4) ключевыми компетенциями становятся цифровая грамотность, гибкое мышление, эмоциональный интеллект и этическая ответственность.

Практическая значимость работы заключается в формировании концептуальной модели эволюции менеджмента, позволяющей организациям осознанно планировать цифровую трансформацию. Внедрение предложенных стратегий поможет руководителям не только адаптироваться к текущим изменениям, но и формировать конкурентные преимущества в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Титов, С.А. Управление цифровой трансформацией бизнеса: концепции, кейсы, методы и инструменты / С.А. Титов, Н.В. Линдер, А.В. Трачук, Т.В. Ховалова, О.Е. Устинова, М.О. Кузнецова. – М. : КНОРУС, 2024.

2. Вайл, П. Цифровая трансформация бизнеса. Изменение бизнес модели для организации нового поколения / П. Вайл, С. Ворнер. – М. : Альпина Паблишер, 2019.

3. Грибанов, Ю.И. Цифровая трансформация бизнеса / Ю.И. Грибанов, М.Н. Руденко. – СПб. : Питер, 2021.

4. Аренков, И.А. Трансформация системы управления предприятием при переходе к цифровой экономике // И.А. Аренков, С.А. Смирнов, Д.Р. Шарафутдинов, Д.В. Ябурова // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19. – № 5. – С. 1711–1722.

5. Олейникова Ю.А. Вызовы и модели развития бизнеса в условиях цифровой экономики // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 1415–1426.

6. Добролюбова, Е.И. Цифровая трансформация государственного управления: оценка результативности и эффективности : монография / Е.И. Добролюбова, В.Н. Южаков,

А.Н. Старостина. – М. : Дело, 2021. – 234 с.

7. Петров, А.А. Цифровое лидерство: навыки менеджера XXI века / А.А. Петров. – М. : Инфра М, 2023.

8. Смит, Д. Agile менеджмент: как управлять изменениями в эпоху цифровой трансформации / Д. Смит, К. Браун. – СПб. : Питер, 2022.

9. Цифровая экономика России : Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – М., 2024.

10. Галушкин, А.С. Нейронные сети: основы теории / А.С. Галушкин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 496 с.

11. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2016. – 345 с.

12. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 606 с.

13. Авдеев И.Л. Возможности цифровой экономики для развития банковского бизнеса в России / И.Л. Авдеев // Среднерусский вестник общественных наук. – 2017. – Т. 12. – № 5. – С. 69–81.

14. Акаткин, Ю.М. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли / Ю.М. Акаткин, О.Э. Карпов, В.А. Конявский, Е.Д. Ясиновская // Бизнес-информатика. – 2017. – № 4(42). – С. 17–28.

15. Коровкина Е.В. Создание цифровой экосистемы коммерческого банка: основные пути и прогнозируемые результаты // Научные записки молодых исследователей. – 2017. – № 3. – С. 68–71.

References

1. Titov, S.A. Upravlenie tsifrovoy transformatsiej biznesa: kontseptsii, kejsy, metody i instrumenty / S.A. Titov, N.V. Linder, A.V. Trachuk, T.V. KHovalova, O.E. Ustinova, M.O. Kuznetsova. – М. : KNORUS, 2024.

2. Vajl, P. TSifrovaya transformatsiya biznesa. Izmenenie biznes modeli dlya organizatsii novogo pokoleniya / P. Vajl, S. Vorner. – М. : Alpina Pabliher, 2019.

3. Gribanov, YU.I. TSifrovaya transformatsiya biznesa / YU.I. Gribanov, M.N. Rudenko. – SPb. : Piter, 2021.

4. Arenkov, I.A. Transformatsiya sistemy upravleniya predpriyatiem pri perekhode k tsifrovoy ekonomike // I.A. Arenkov, S.A. Smirnov, D.R. SHarafutdinov, D.V. YAburova // Rossijskoe predprinimatelstvo. – 2018. – Т. 19. – № 5. – С. 1711–1722.

5. Olejnikova YU.A. Vyzovy i modeli razvitiya biznesa v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki // Voprosy innovatsionnoj ekonomiki. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 1415–1426.

6. Dobrolyubova, E.I. TSifrovaya transformatsiya gosudarstvennogo upravleniya: otsenka rezultativnosti i effektivnosti : monografiya / E.I. Dobrolyubova, V.N. YUzhakov, A.N. Starostina. – М. : Delo, 2021. – 234 с.

7. Petrov, A.A. TSifrovoe liderstvo: navyki menedzhera XXI veka / A.A. Petrov. – М. : Infra М, 2023.

8. Smit, D. Agile menedzhment: kak upravlyat izmeneniyami v epokhu tsifrovoy transformatsii / D. Smit, K. Braun. – SPb. : Piter, 2022.

9. TSifrovaya ekonomika Rossii : Statisticheskij sbornik / Federalnaya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. – М., 2024.

10. Galushkin, A.S. Nejrornyie seti: osnovy teorii / A.S. Galushkin. – М. : Goryachaya liniya –

Telekom, 2012. – 496 s.

11. Osovskij, S. Nejronnye seti dlya obrabotki informatsii / S. Osovskij. – M. : Finansy i statistika, 2016. – 345 s.

12. Denisenko V.V. Kompyuternoe upravlenie tekhnologicheskim protsessom, eksperimentom, oborudovanie / V.V Denisenko. – M. : Goryachaya liniya – Telekom, 2013. – 606 s.

13. Avdeev I.L. Vozmozhnosti tsifrovoj ekonomiki dlya razvitiya bankovskogo biznesa v Rossii / I.L. Avdeev // Srednerusskij vestnik obshchestvennykh nauk. – 2017. – T. 12. – № 5. – S. 69–81.

14. Akatkin, YU.M. TSifrovaya ekonomika: kontseptualnaya arkhitektura ekosistemy tsifrovoj otrasli / YU.M. Akatkin, O.E. Karpov, V.A. Konyavskij, E.D. YAsinovskaya // Biznes-informatika. – 2017. – № 4(42). – S. 17–28.

15. Korovkina E.V. Sozdanie tsifrovoj ekosistemy kommercheskogo banka: osnovnye puti i prognoziruemye rezultaty // Nauchnye zapiski molodykh issledovatelej. – 2017. – № 3. – S. 68–71.

Management Development in the Era of Digital Transformations: Evolution of Concepts and Practices

L.V. Sushentsov, O.I. Nedelchenko

*Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa (Russia)*

Key words and phrases: management; management paradigm; digital transformation; organizational development; management competencies; business processes; innovation.

Abstract. The study examines the evolution of management concepts in the context of digital transformation of business. The relevance of the research is driven by the need for organizations to adapt to new realities generated by technological progress, globalization, and changing social expectations.

The aim of the study is to analyze the transformation of management, identify key trends in its development, and determine promising directions for improvement in the digital environment. The methodological framework includes systems analysis and comparative analysis, as well as methods of generalization, classification, and empirical research (based on data from Russian companies).

During the study:

- the evolution of management paradigms was traced – from the classical school (Taylor, Fayol, Weber) to the digital management model;
- the features of modern management practices were revealed, including decentralization, facilitation, iterative processes, and digital ecosystems;
- cases of digitalization in Russian enterprises were analyzed (Sibur Holding, Gazprom Neftekhim Salavat);
- trends in digitalization within the financial sector and regulatory challenges were examined;
- key challenges of digital transformation were identified (ethical dilemmas, skills gaps, cybersecurity risks, resistance to change);

- strategies for management adaptation were proposed: phased technology implementation, development of digital competencies, redesign of organizational culture, and creation of hybrid teams.

It is concluded that the digital transformation of management is not a temporary trend but a fundamental shift in the understanding of management. Success depends not so much on technology as on organizations' willingness to change culture, processes, and competencies.

Promising directions for further research have been identified: digital ethics, neurotechnologies, and hybrid management systems.

© Л.В. Сушенцов, О.И. Недельченко, 2026

List of Authors

- Григорьев Д.В.** – преподаватель кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: GrigorevDV@mgsu.ru
- Grigoriev D.V.** – Lecturer, Department of Engineering Graphics and Computer Modeling, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: GrigorevDV@mgsu.ru
- Федоров С.С.** – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе института цифровых технологий и моделирования в строительстве Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: FedorovSS@mgsu.ru
- Fedorov S.S.** – Candidate of Science (Engineering), Deputy Director for Research, Institute of Digital Technologies and Modeling in Construction, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: FedorovSS@mgsu.ru
- Акташев К.А.** – магистрант Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: fruit73007@mail.ru
- Aktashev K.A.** – Master’s Student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: fruit73007@mail.ru
- Румянцев Е.Ю.** – магистрант Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: 2652332@mail.ru
- Rumyantsev E.Yu.** – Master’s Student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: 2652332@mail.ru
- Лучкина В.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: 2652332@mail.ru
- Luchkina V.V.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: 2652332@mail.ru
- Хубаев А.О.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства, ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра «Конструкции, технологии и организация строительства» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: alan_khubaev@mail.ru
- Khubaev A.O.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technologies and Organization of Construction Production, Leading Researcher of the Scientific and Educational Center “Structures, Technologies and Organization of Construction”, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: alan_khubaev@mail.ru
- Голицын В.С.** – магистрант Национального исследовательского Московского государ-

ственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: golytsyn137@mail.ru

Golitsyn V.S. – Master’s Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: golytsyn137@mail.ru

Макарчук М.Р. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: maks.makarchuk@yandex.ru

Makarchuk M.R. – Master’s Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: maks.makarchuk@yandex.ru

Сидоренко Д.А. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: sidorenkodim100800@gmail.com

Sidorenko D.A. – Master’s Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: sidorenkodim100800@gmail.com

Массакои Т.Е. – кандидат наук, аспирант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва (Россия), e-mail: theresa_reb@yahoo.fr

Massaquoi T.A. – PhD, Postgraduate Student, Peoples’ Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow (Russia), e-mail: theresa_reb@yahoo.fr

Дуцев М.В. – доктор архитектуры, профессор кафедры архитектуры Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва (Россия), e-mail: nn2222@bk.ru

Dutsev M.V. – Doctor of Architecture, Professor, Department of Architecture, Peoples’ Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow (Russia), e-mail: nn2222@bk.ru

Гулякин Д.В. – доктор педагогических наук, доцент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова; профессор кафедры высшей математики Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Gulyakin D.V. – Doctor of Education, Associate Professor, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov; Professor, Department of Higher Mathematics, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Мартынова А.Д. – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Martynova A.D. – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Фурса Е.Д. – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Fursa E.D. – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

- Бучинская Е.Н.** – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru
- Buchinskaya E.N.** – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru
- Кузнецов А.А.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры промышленной логистики Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, г. Москва (Россия), e-mail: kuznetsovaaa@bmstu.ru
- Kuznetsov A.A.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University, Moscow (Russia), e-mail: kuznetsovaaa@bmstu.ru
- Голодаевская П.В.** – студент МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва (Россия), e-mail: golodaevskaya@gmail.com
- Golodaevskaya P.V.** – Student, MIREA – Russian Technological University, Moscow (Russia), e-mail: golodaevskaya@gmail.com
- Авчианц А.С.** – студент Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, г. Москва (Россия), e-mail: artemhops@gmail.com
- Avchiantz A.S.** – Student, Bauman Moscow State Technical University, Moscow (Russia), e-mail: artemhops@gmail.com
- Марьинских В.В.** – главный специалист ООО «Таас-Юрх Нефтегазодобыча» г. Ленск (Россия), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Maryinskikh V.V.** – Chief Specialist, Taas-Yuryakh Neftegazodobycha LLC, Lensk (Russia), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Пушмин П.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск (Россия), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Pushmin P.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk (Russia), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Данько М.Ю.** – заместитель генерального директора по науке Тюменского института нефти и газа, г. Тюмень (Россия), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Danko M.Yu.** – Deputy Director General for Science, Tyumen Institute of Oil and Gas, Tyumen (Russia), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Остах С.В.** – кандидат технических наук, доцент, руководитель учебно-научного комплекса физико-химических основ защиты окружающей среды Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва (Россия), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com
- Ostakh S.V.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Educational and Scientific Complex of Physical and Chemical Foundations of Environmental Protection,

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow (Russia), e-mail: v.v.marinskikh@gmail.com

Сушенцов Л.В. – аспирант Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: skodafabiars@yandex.ru

Sushentsov L.V. – Postgraduate Student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: skodafabiars@yandex.ru

Недельченко О.И. – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: olama80@yandex.ru

Nedelchenko O.I. – Candidate of Science (Philology), Associate Professor, Department of Foreign Languages, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: olama80@yandex.ru

FOR NOTES

COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS
№ 3(117) 2026
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Manuscript approved for print 20.03.26

Format 60.84/8

Conventional printed sheets 8.60

Published pages 4.36

200 printed copies

Price 300 rubles

16+

NTF RIM LLC