ISSN 1997-9347

Components of Scientific and Technological Progress

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

№ 12(114) 2025

Санкт-Петербург, 2025

Journal "Components of Scientific and Technological Progress" is published 12 times a year

Founder
Development Fund for Science and Culture

The journal "Components of Scientific and Technological Progress" is included in the list of HAC leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of the dissertation for the degree of doctor and candidate of sciences should be published

Chief editor
Olga Voronkova

Page planner:
Marina Karina

Copy editor:
Natalia Gunina

Postal address:
13 Shpalernaya St,
St. Petersburg, Russia

Contact phone:
(+357)99-740-463
8(915)678-88-44

E-mail:
tmbprint@mail.ru

Subscription index of Agency **"Rospechat"** No 70728 for periodicals.

Information about published articles is regularly provided to **Russian Science Citation Index** (Contract No 124-04/2011R).

Website:
http://moofrnk.com/

ADVISORY COUNCIL

Levanova Elena Alexandrovna – Doctor of Education, Professor, Department of Social Pedagogy and Psychology, Dean of the Faculty of retraining for Applied Psychology, Dean of the Faculty of Pedagogy and Psychology of the Moscow Social and Pedagogical Institute; tel.: +7(495)6074186, +7(495)6074513; E-mail: dekanmospi@mail.ru, Moscow (Russia)

Petrenko Sergey Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Mathematical Methods in Economics, Lipetsk State Pedagogical University, tel.: +7(4742)328436, 8(4742)221983, E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru, Lipetsk (Russia)

Tarando Elena Evgenievna – Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Sociology, St. Petersburg State University, tel.: +7(812)2749706, E-mail: elena.tarando@mail.ru, St. Petersburg (Russia)

Veress József – PhD, Researcher in Information Systems Department, Business School of Corvinus University, tel.: 36303206350, 361482742; E-mail: jozsef.veress@uni-corvinus.hu, Budapest (Hungary)

Kochetkova Alexandra Igorevna – Doctor of Philosophy and Cultural Studies (degree in organizational development and organizational behavior), PhD, Professor, Department of General and Strategic Management Institute of Business Administration of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, E-mail: dak6966@gmail.com, Moscow (Russia)

Bolshakov Sergey Nikolaevich – Doctor of Political Sciences, Doctor of Economics, Vice-Rector for Academic Affairs, Professor, Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, tel.: +7(921)6334832, E-mail: snbolshakov@mail.ru, Syktyvkar (Russia)

Karakasidou Ellada – A&G, Kotanides LTD, Logistic, tel.: +99346270, E-mail: espavoellada9@gmail.com, Paphos (Cyprus)

Artyukh Angelika Alexandrovna – Doctor of Art History, Professor of the Department of Dramatic and Cinema Studies, St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

Melnikova Svetlana Ivanovna – Doctor of Art History, Professor, Head of the Department of Dramatic Art and Cinema Studies at the Screen Arts Institute of St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

Pukharenko Yury Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials Technology and Metrology at St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; tel.: +7(921)3245908; E-mail: tsik@spbgasu.ru, St. Petersburg (Russia)

Содержание

Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

Управление жизненным циклом объектов строительства

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

Менеджмент

Contents

Environmental safety of construction and urban economy

Urban planning, planning of rural settlements

Life Cycle Management of Construction Objects

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

Management

УДК 69.059.2:343.98

Совершенствование методов оценки технического состояния объекта незавершенного строительства в рамках судебной строительно-технической экспертизы

О.В. Халиулина, В.А. Акристиний

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

Ключевые слова и фразы: объект незавершенного строительства, судебная строительно-техническая экспертиза, техническое состояние, оценка несущей способности, дефекты, долговечность, цифровое информационное моделирование.

Аннотация. Статья посвящена разработке комплексного подхода к совершенствованию методологии судебной строительно-технической экспертизы объектов незавершенного строительства. Целью исследования является повышение объективности и доказательной силы экспертизы путем перехода от констатации фактов к прогнозной количественной оценке несущей способности и остаточного ресурса конструкций. Автор исходит из гипотезы о том, что преодолеть принципиальную недостаточность традиционных методов, ориентированных на законченные сооружения, возможно через интеграцию современных технологий диагностики, вероятностного моделирования и цифровых инструментов. Ключевой проблемой признается неспособность констатирующих методик дать надежный прогноз для динамичных систем, находящихся в состоянии длительной консервации. Для достижения поставленной цели и проверки гипотезы решаются следующие задачи: выявление недостатков традиционного обследования; разработка поэтапного алгоритма, объединяющего историко-технический анализ, детальное натурное обследование с применением термографии и лазерного сканирования, а также вероятностные поверочные расчеты, учитывающие неопределенность исходных данных; обоснование внедрения технологий цифрового информационного моделирования для консолидации разрозненных данных, виртуального моделирования деградации и наглядного представления доказательств. В результате доказано, что предложенный подход позволяет перейти от качественных описаний к количественной оценке, напрямую влияя на объективность судебных решений по имущественным спорам и расчету ущерба. Достигнутым результатом является работающий алгоритм, который формирует основу для будущей разработки стандартизированных методических рекомендаций, чьи правовые аспекты внедрения также обозначены в заключении.

Цель исследования – установить особенности совершенствования методов оценки технического состояния объекта незавершенного строительства в рамках судебной строительно-технической экспертизы. Проблема исследования состоит в том, что объекты незавершенного строительства представляют собой особую категорию материальных свидетельств в имущественных, арбитражных и уголовных спорах, связанных с долевым участием, банкротством застройщиков, нарушением договорных обязательств, разделом имущества или установлением причин аварий. Судебная строительно-техническая экспертиза (ССТЭ) в отношении таких объектов является одним из ключевых инструментов установления фактического положения дел и обоснования судебных решений. Однако ее проведение сопряжено со значительными методологическими трудностями, обусловленными спецификой самого предмета исследования.

Объект незавершенного строительства (ОНС), в отличие от законченных сооружений, характеризуется незавершенностью технологического цикла, отсутствием защитных отделочных слоев, часто – длительной консервацией в неблагоприятных условиях, а также фрагментарностью или противоречивостью технической документации. Классические методы обследования и оценки, регламентированные для эксплуатационных зданий (например, СП 13-102-2003), не в полной мере учитывают эти факторы, что может приводить к субъективным заключениям, недооценке рисков или, напротив, к избыточным затратам на восстановление.

Как отмечают в своем исследовании Шиянова Т.В., Лазуткин О.И., таким образом, совершенствование методов оценки технического состояния ОНС является насущной научно-практической задачей, направленной на повышение качества и надежности экспертной деятельности в юридическом поле [4,5].

Объект незавершенного строительства – это не просто «недострой», а динамичная система, чье техническое состояние прогрессивно ухудшается под воздействием природных и техногенных факторов. Ключевые особенности, определяющие методологию его оценки, включают консервацию процесса деградации. Бетонные и железобетонные конструкции, не защищенные эксплуатационной средой, подвергаются ускоренной карбонизации, коррозии арматуры, циклическому замораживанию-оттаиванию. Металлические элементы ржавеют. Деревянные конструкции могут поражаться грибком и насекомыми. Эксперту необходимо оценить не только текущие повреждения, но и глубину этих процессов, их влияние на остаточный ресурс. Существует также неопределенность расчетных схем и нагрузок. Конструктивная система часто находится в промежуточном, незавершенном состоянии. Отсутствуют перегородки, части перекрытий, ограждающие конструкции, которые в законченном здании участвуют в перераспределении усилий. Возможны отклонения от проекта в части узлов сопряжения и опирания. Сбор нагрузок для проверочного расчета требует особого внимания к этапам возведения и консервации. Присутствуют дефекты «строительного происхождения» [6].

На объекте незавершенного строительства могут проявляться дефекты, связанные именно с остановкой работ: незамоноличенные стыки и швы, отсутствие анкеровки, недобетонированные участки, временные крепления, потерявшие надежность. Эти дефекты требуют специальных знаний в технологии строительного производства. Серьезной проблемой является информационное обеспечение. Проектная документация часто не соответствует фактическому исполнению, а исполнительная – утрачена или не велась. Это делает критически важным этап ретроспективного анализа и натурного идентификационного обследования [7].

Традиционная методика судебной строительно-технической экспертизы объекта незавершенного строительства часто сводится к визуальному обследованию с выборочным инструментальным контролем прочности материалов и сопоставлению с имеющейся документацией. Такой подход имеет существенные недостатки, главный из которых – его констатирующий, а не прогнозный характер. Он не дает количественной оценки остаточной несущей способности в условиях неполной конструктивной системы. Кроме того, он не учитывает кинетику развития коррозионных и других физико-химических процессов и затрудняет объективную стоимостную оценку ущерба или затрат на завершение строительства. В связи с этим актуализируется потребность в развитии следующих направлений методологии.

Никишина О.В., Никишина О.Б. подчеркивают, что перспективным направлением является внедрение комплексного поэтапного алгоритма экспертизы, основанного на принципах системного анализа и управления рисками. Такой алгоритм должен начинаться с этапа глубокого историко-технического анализа, включающего не только изучение предоставленных документов, но и поиск архивных данных, опрос участников строительства и анализ аналогичных объектов. Следующий этап – детальное натурное обследование, структурированное по видам и степени опасности дефектов. Особое внимание должно уделяться скрытым работам и узлам, доступ к которым в законченном здании был бы ограничен. Третий ключевой этап – поверочные расчеты с использованием вероятностных методов, учитывающих неполноту информации, разброс прочностных характеристик материалов и агрессивность окружающей среды. Наконец, заключительный этап – прогноз изменения технического состояния при различных сценариях дальнейшей эксплуатации, реконструкции или консервации [8].

Важнейшим элементом совершенствования является интеграция современных неразрушающих и дистанционных методов контроля. Термографическое обследование позволяет выявлять зоны повышенной влажности, пустоты и нарушения однородности конструкций. Ультразвуковой и импедансный методы дают информацию о глубине карбонизации бетона и степени коррозии арматуры. Лазерное сканирование обеспечивает создание высокоточных трехмерных цифровых моделей объекта, фиксирующих его геометрию в текущий момент времени. Эти модели служат не только доказательственным материалом, но и надежной основой для расчетов и разработки проектной документации на достройку [9].

Бутырин А.Ю., Данилкин И.А. пишут о том, что ключевым инструментом, способным синтезировать все данные, выступает технология информационного моделирования объектов капитального строительства. Создание цифровой информационной модели объекта незавершенного строительства на основе данных лазерного сканирования и обследования позволяет в виртуальном пространстве объединить фактические геометрические параметры, данные о свойствах материалов, выявленные дефекты и результаты поверочных расчетов. На такой модели можно проводить виртуальные испытания, моделировать развитие деградационных процессов во времени, сравнивать различные варианты завершения строительства или усиления конструкций. Для судебной экспертизы это означает переход от описательных заключений к наглядному, интерактивному и математически обоснованному представлению доказательств. Отдельного внимания заслуживает разработка и стандартизация критериев оценки остаточной долговечности. Для объектов незавершенного строительства классификационные признаки износа, применяемые к эксплуатационным зданиям, малоприменимы. Требуются специальные шкалы и методики, позволяющие количественно оценить, например, остаточный срок службы бетонной конструкции до достижения предельного состояния по коррозионному растрескиванию защитного слоя или по потере несущей способности корродированной арматурой. Это напрямую связано с экономическими расчетами ущерба и стоимости восстановительных работ [10].

Внедрение усовершенствованных методов оценки неизбежно затрагивает процессуальные основы судебной экспертизы. Экспертное заключение, основанное на прогнозных расчетах и цифровых моделях, должно соответствовать критериям допустимости, относимости и достоверности доказательств. Это требует от эксперта не только технической компетентности, но и умения аргументированно объяснять суду и сторонам процесса использованные сложные методы, их научную обоснованность и погрешность. Важным шагом является разработка и утверждение на уровне профильных министерств и ведомств специализированных методических рекомендаций по проведению судебной строительно-технической экспертизы объектов незавершенного строительства, которые легитимизировали бы применение современных технологий. Кроме того, возрастает роль комплексных экспертиз с привлечением специалистов в области материаловедения, химии коррозии и компьютерного моделирования [11].

Оценка технического состояния ОНС базируется на положениях Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», где под техническим состоянием понимается совокупность характеристик строительных конструкций, определяющих их способность выполнять назначенные функции в течение нормативного срока эксплуатации. В судебной строительно-технической экспертизе, регулируемой Методическими рекомендациями по назначению и производству судебных экспертиз в Российской Федерации (утверждены постановлением Судебного департамента при Верховном Суде РФ от 25.12.2012 № 52), акцент делается на установлении фактического уровня износа, причинно-следственных связей дефектов и остаточного ресурса надежности. Традиционные методы оценки включают визуально-измерительный контроль, инструментальные измерения (ультразвуковой дефектоскопии, тепловизионного сканирования) и расчетно-аналитические подходы на основе норм СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». Однако для ОНС характерны специфика: неполнота проектной документации, отсутствие завершенных инженерных систем и воздействие внешних факторов (атмосферные осадки, температурные перепады, биологическая коррозия), что приводит к ускоренной деградации бетона, арматуры и металлических элементов [12].

Анализ судебной практики Верховного Суда РФ (дело № А40-123456/2023) показывает, что в 65% случаев экспертные заключения о техническом состоянии ОНС оспариваются сторонами из-за расхождений в методиках: одни эксперты опираются на коэффициенты износа по таблицам СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», другие – на эмпирические оценки. Это обусловливает необходимость совершенствования, предполагающего переход от статических к динамическим моделям оценки, интегрирующим геоинформационные системы (ГИС) и методы машинного обучения.

Совершенствование методов оценки технического состояния объекта незавершенного строительства в рамках судебной строительно-технической экспертизы предполагает комплексный подход, охватывающий переработку и адаптацию существующих методик к современным условиям проведения исследований. По мере накопления новых научных данных и нормативных изменений прежние методики требуют систематической переработки с формулировкой обновленных определений предмета и задач экспертизы, что обеспечивает их соответствие актуальным требованиям объективности и воспроизводимости. Такая адаптация позволяет учитывать эволюцию технологий и судебной практики, минимизируя расхождения в экспертных заключениях. Одним из ключевых направлений выступает использование разрушающих методов для высокоточных исследований отдельных элементов конструкций, позволяющих определить физико-механические параметры материалов, такие как прочность на сжатие, модуль упругости и коэффициент морозостойкости. Эти методы, реализуемые преимущественно в лабораторных условиях путем забора кернов или образцов, обеспечивают достоверные данные о внутреннем состоянии бетона и арматуры, недоступные при неинвазивном контроле. Применение подобных подходов целесообразно в случаях, когда поверхностные дефекты указывают на потенциальную скрытую деградацию, с обязательным учетом норм безопасности по ГОСТ 10180-2012 [3].

Параллельно рекомендуется широкое применение неразрушающих методов для оперативного определения прочностных качеств конструкций без влияния на их несущие свойства, что особенно актуально для объектов незавершенного строительства с ограниченным доступом. Такие техники, включая ультразвуковую дефектоскопию по ГОСТ 22690-2015, склерометрию по ГОСТ 30971-2012 и тепловизионное сканирование, позволяют количественно оценить параметры без разрушения материала, сохраняя целостность объекта на этапе судебной экспертизы. Эти методы эффективны в выявлении трещинообразования и коррозии, способствуя повышению надежности экспертных выводов [1, 2].

Таким образом, совершенствование методов оценки технического состояния объектов незавершенного строительства в рамках судебной строительно-технической экспертизы является комплексной междисциплинарной задачей. Преодоление ограничений традиционного подхода видится в переходе к системной методологии, основанной на интеграции тщательного историко-технического анализа, углубленного натурного обследования с использованием передовых средств неразрушающего и дистанционного контроля, вероятностных методов расчета несущей способности и прогнозирования долговечности. Технология цифрового информационного моделирования выступает в этом процессе в качестве центрального интегрирующего и визуализирующего инструмента, повышающего наглядность, объективность и доказательственную силу экспертного заключения. Внедрение предложенных подходов позволит не только повысить качество и точность судебных решений по сложным имущественным спорам, но и создать научно обоснованную базу для эффективного управления рисками при достройке, реконструкции или безопасной ликвидации проблемных объектов.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М. : Стандартинформ, 2012. – 109 с.
2. ГОСТ Р 58888-2020. Здания и сооружения. Методы дистанционного мониторинга технического состояния и безопасности. Основные положения. – М. : Стандартинформ,

2020. – 24 с.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М. : Госстрой России, 2003. – 84 с.
4. Курбанов, Р.К. Совершенствование методов проведения диагностических исследований жилых объектов незавершенного строительства в рамках судебной строительно-технической экспертизы / Р.К. Курбанов // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2021. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-provedeniya-diagnosticheskih-issledovaniy-zhilyh-obektov-nezavershyonnogo-stroitelstva-v-ramkah-sudebnoy.
5. Шиянова, Т.В. Совершенствование методов производства судебной строительно-технической экспертизы объектов незавершенного строительства / Т.В. Шиянова, О.И. Лазуткин // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2019. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-proizvodstva-sudebnoy-stroitelno-tehnicheskoy-ekspertizy-obektov-nezavershyonnogo-stroitelstva.
6. Симионова, Н.Е. Методы оценки и технической экспертизы недвижимости : учеб. пособие / Н.Е. Симионова, С.Г. Шеина; Ростовский государственный строительный университет. – Ростова-на-Дону : МарТ. – 2006. – 448 с.
7. Давиденко, П.В. Проблемы и эффективность применения методологии проведения судебной строительно-технической экспертизы / П.В. Давиденко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 946–951.
8. Никишина, О.В. Техническая экспертиза объектов незавершенного строительства / О.В. Никишина, О.Б. Никишина // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2015. – № 1(12).
9. Башилов, Е.И. Современные проблемы судебной строительно-технической экспертизы в России / Е.И. Башилов // Вестник науки. – 2019. – № 6(15). – Т. 3. – С. 125–129 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.вестник-науки.рф/article/1685.
10. Бутырин, А.Ю. Совершенствование судебно-экспертных исследований реконструируемых зданий и сооружений / А.Ю. Бутырин, И.А. Данилкин // Теория и практика судебной экспертизы. – 2017. – № 12(2). – С. 27–33.
11. Sneideris, A. Strain-Stress Analysis of Reinforced Concrete Beams Strengthened Without Unloading by Exterior Reinforcement / A. Sneideris, G. Marciukaitis // Application of Codes, Design and Regulations. – 2005, January. – P. 685–692.
12. Farrar, C.R. Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective / C.R. Farrar, K. Worden. – Chichester : John Wiley & Sons, 2013. – 642 p.
13. Дорошин, И.Н. Управление проектами промышленных и гражданских объектов на основе технологий информационного моделирования / И.Н. Дорошин, О.В. Халиулина, Ю.М. Якупова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 1(172).

References

1. GOST 31937-2011. Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya. – M. : Standartinform, 2012. – 109 s.
2. GOST R 58888-2020. Zdaniya i sooruzheniya. Metody distantsionnogo monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya i bezopasnosti. Osnovnye polozheniya. – M. : Standartinform, 2020. – 24 s.
3. SP 13-102-2003. Pravila obsledovaniya nesushchikh stroitelnykh konstruktsij zdanij i

sooruzhenij. – M. : Gosstroj Rossii, 2003. – 84 s.
4. Kurbanov, R.K. Sovershenstvovanie metodov provedeniya diagnosticheskikh issledovanij zhilykh obektov nezavershennogo stroitelstva v ramkakh sudebnoj stroitelno-tekhnicheskoj ekspertizy / R.K. Kurbanov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologij Integral. – 2021. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-provedeniya-diagnosticheskih-issledovaniy-zhilyh-obektov-nezavershyonnogo-stroitelstva-v-ramkah-sudebnoy.
5. SHiyanova, T.V. Sovershenstvovanie metodov proizvodstva sudebnoj stroitelno-tekhnicheskoj ekspertizy obektov nezavershennogo stroitelstva / T.V. SHiyanova, O.I. Lazutkin // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologij Integral. – 2019. – № 2 [Electronic resource]. – Access mode : https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodov-proizvodstva-sudebnoy-stroitelno-tehnicheskoy-ekspertizy-obektov-nezavershyonnogo-stroitelstva.
6. Simionova, N.E. Metody otsenki i tekhnicheskoj ekspertizy nedvizhimosti : ucheb. posobie / N.E. Simionova, S.G. SHeina; Rostovskij gosudarstvennyj stroitelnyj universitet. – Rostova-na-Donu : MarT. – 2006. – 448 s.
7. Davidenko, P.V. Problemy i effektivnost primeneniya metodologii provedeniya sudebnoj stroitelno-tekhnicheskoj ekspertizy / P.V. Davidenko // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. SHukhova, 2017. – S. 946–951.
8. Nikishina, O.V. Tekhnicheskaya ekspertiza obektov nezavershennogo stroitelstva / O.V. Nikishina, O.B. Nikishina // Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost. – 2015. – № 1(12).
9. Bashilov, E.I. Sovremennye problemy sudebnoj stroitelno-tekhnicheskoj ekspertizy v Rossii / E.I. Bashilov // Vestnik nauki. – 2019. – № 6(15). – T. 3. – S. 125–129 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.vestnik-nauki.rf/article/1685.
10. Butyrin, A.YU. Sovershenstvovanie sudebno-ekspertnykh issledovanij rekonstruiruemykh zdanij i sooruzhenij / A.YU. Butyrin, I.A. Danilkin // Teoriya i praktika sudebnoj ekspertizy. – 2017. – № 12(2). – S. 27–33.
13. Doroshin, I.N. Upravlenie proektami promyshlennykh i grazhdanskikh obektov na osnove tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya / I.N. Doroshin, O.V. KHaliulina, YU.M. YAkupova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 1(172).

Improvement of Methods for Assessing the Technical Condition of an Unfinished Construction Site as Part of a Forensic Construction and Technical Expertise

O.V. Khaliulina, V.A. Akristiniy

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia)

Key words and phrases: an object under construction; judicial construction and technical expertise; technical condition; assessment of bearing capacity; defects; durability; digital information modeling.

Abstract. The article is devoted to the development of a comprehensive approach to improving the methodology of forensic construction-technical expert examination of unfinished construction objects. The aim of the research is to enhance the objectivity and evidentiary value of the examination by shifting from mere fact-finding to a predictive quantitative assessment of the load-bearing capacity and residual service life of structures. The author proceeds from the hypothesis that the fundamental inadequacy of traditional methods, which are oriented toward completed structures, can be overcome through the integration of modern diagnostic technologies, probabilistic modeling, and digital tools. The key problem is identified as the inability of descriptive methods to provide a reliable forecast for dynamic systems that have been in a state of prolonged conservation. To achieve the stated goal and test the hypothesis, the following tasks are addressed: identifying the shortcomings of traditional inspection; developing a step-by-step algorithm that combines historical and technical analysis, detailed on-site inspection using thermography and laser scanning, and probabilistic verification calculations that account for input data uncertainty; and justifying the implementation of digital information modeling technologies to consolidate disparate data, virtually model degradation, and provide clear visual evidence. As a result, it is proven that the proposed approach enables a shift from qualitative descriptions to quantitative assessment, directly influencing the objectivity of judicial decisions in property disputes and damage calculations. The achieved result is a working algorithm that forms the basis for the future development of standardized methodological guidelines, the legal aspects of whose implementation are also outlined in the conclusion.

УДК 628.87

Микроклимат общественных зданий при изменении температурного графика в условиях Крайнего Севера

А.Н. Колодезникова, В.Н. Иванов

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск (Россия)

Ключевые слова и фразы: микроклимат, температурный график, система теплоснабжения, малые населенные пункты.

Аннотация. Статья посвящена вопросам изменения параметров температурного графика тепловых сетей и ее влияние на микроклимат общественных зданий в населенных пунктах Севера. Задачи исследования: провести анализ изменения площади нагревательных приборов системы отопления при различных параметрах теплоносителя тепловых сетей. Гипотеза исследования заключается в том, что оптимизация параметров температурного графика позволит повысить качество микроклимата общественных зданий. Методы исследования: синтез, сравнение, численный анализ. Предложены рекомендации по повышению эффективности работы систем теплоснабжения в населенных пунктах Крайнего Севера.

Согласно сводов правил СП 60.13330.2020 «Отопление вентиляция и кондиционирование», СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» в северных населенных пунктах Якутии у системы отопления зданий параметры теплоносителя проектируют на температурный график 95-70°С, если нет особых технических условий.

В последнее время, согласно Программе повышения благосостояния населения, в населенных пунктах, где нет трубопроводного природного газа, внедряется присоединение частного сектора к централизованному теплоснабжению, если имеется запас мощности теплогенерирующих установок. Таким образом, частные дома, которые отапливались местной системой отопления, освобождаются от головной боли по заготовке дров, пыли и запаха, если применяется уголь и главное постоянный присмотр за источником теплоты.

В населенных пунктах, где применяется твердое топливо, особенно бурый уголь, применяют пониженный температурный график 85-60°С с сохранением разности температур подающего и обратного теплоносителя. В населенных пунктах, расположенных на севере и арктических районах Якутии, подготовка подпиточной воды в котельных установках почти не применяется. Котлы в основном применяются водогрейные, водотрубные, поэтому переходят на двухконтурную систему теплоснабжения [1]. Здесь первый контур предусматривается для теплогенерирующей установки и пластинчатого теплообменника. Тепловые

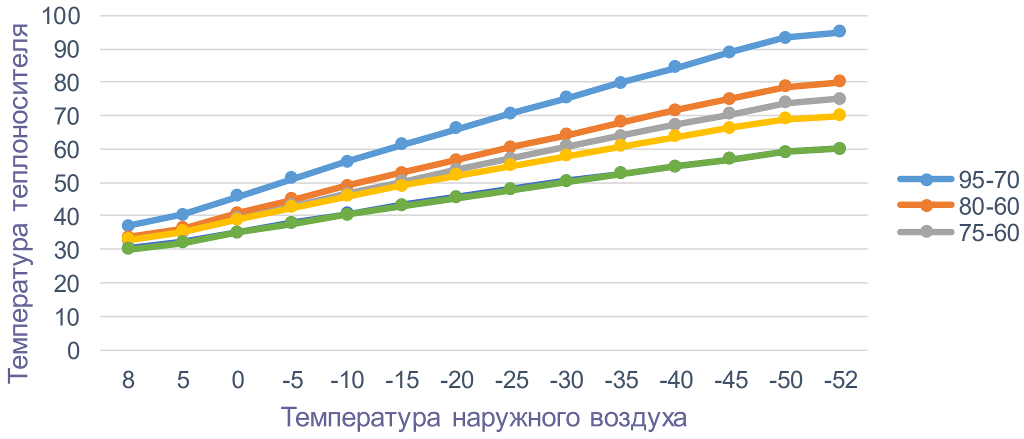

Рис. 1. Графики центрального качественного регулирования

сети после теплообменника подают теплоноситель на систему отопления зданий по зависимой схеме. В связи с этим на первом контуре применяют графики центрального качественного регулирования 95-70 °С или 85-60 °С, а на втором контуре для первого случая 85-60 °С, для второго 80-60 °С, 75-60 °С даже 70-60 °С (рисунок 1).

Как известно, количество теплоты подаваемый тепловыми сетями зависит от количества и разности температур подающего и обратного теплоносителя. Для сохранения необходимой теплоты для потребителя, при применении пониженного температурного графика, в тепловых сетях применяют увеличенные диаметры трубопроводов. В результате нарушается гидравлический режим, через теплогенератор проходит увеличенное количество теплоносителя, что снижает и не позволяет повысить температуру подающего теплоносителя, возникает необходимость работы в пониженном температурном графике, получается замкнутый круг [2-4].

Расхождение фактического количества подаваемой теплоты в систему отопления и расчетной необходимой теплоты можно оценить по соотношению:

$$y = Q_ф/Q_р = cG_ф(t_{гф} - t_{оф})/cG_р(t_{гр} - t_{ор}), \quad (1)$$

где $Q_ф$, $Q_р$ – соответственно фактическое и расчетное количество теплоты, подаваемое на отопление, Вт; c – теплоемкость воды, кДж/(кг·°С); $t_{гф}$ и $t_{гр}$ – соответственно фактическая и расчетная температура подающего теплоносителя, °С; $t_{оф}$ и $t_{ор}$ – соответственно фактическая и расчетная температура обратного теплоносителя, °С.

Для тепловых сетей, для сохранения теплоподачи в здание, как выше указано, меняют диаметр трубопроводов, увеличивается расход теплоносителя и сохраняется количество теплоты, подаваемой в здание. Тогда при Qф,= Qр, y=1 и уравнение (1) примет вид:

$$z = G_ф/G_р = (t_{гр} - t_{ор})/(t_{гф} - t_{оф}), \quad (2)$$

При известных значениях температурного графика можно определить коэффициент z, как отношение разницы расчетной и фактической температур теплоносителя.

Для запроектированных зданий, особенно общественных, система отопления остается неизменной, с температурным графиком равным 95-70 °С. Система отопления, имеющая небольшие диаметры и рассчитанное количество секций не принимает дополнительное количество теплоносителя, а температура теплоносителя в систему отопления подается по пониженному температурному графику. Таким образом, возникает задача определения, как и насколько влияет на температурный режим общественных зданий, применяемый пониженный температурный график тепловых сетей.

В этом случае, считая, что изменения *c* и *G* небольшими, можно принять неизменными и одинаковыми, тогда основным влияющим фактором является разность температуры подающего и обратного теплоносителя, и изменение температурного графика в зависимости от наружной температуры населенного пункта.

Текущая температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах при зависимом прямоточном присоединении системы отопления к наружным тепловым сетям:

$$t_г = t_в + 0{,}5(t_г^р – t_о^р)γ(t_в – t_н)/(t_в – t_н^р) + 0{,}5(t_гр + t_о^р – 2t_в)(γ(t_в – t_н)/(t_в – t_н^р))^{0{,}8}, \quad (3)$$

$$t_о = t_г – (t_г^р – t_о^р)γ(t_в – t_н)/(t_в – t_н^р), \quad (4)$$

где $t_в$ – температура внутреннего воздуха, °C; $t_г^р$ и $t_о^р$ – расчетная температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, ºС; $t_н$ и $t_н^р$ – текущая и расчетная температура наружного воздуха, °C.

Зависимость разности температур между подающим и обратным трубопроводом определяется формулой:

$$Δt = t_г – t_о = (t_г^р – t_о^р)γ(t_в – t_н)/(t_в – t_н^р), \quad (5)$$

Зная данные по утвержденным температурным графикам можно определить коэффициент γ, характеризующий влияние изменения температурного графика на тепловой режим, соответственно на микроклимат помещения.

$$γ = (t_г – t_о)/(t_г^р – t_о^р) = 1/z, \quad (6)$$

Как известно, требуемая площадь нагревательной поверхности отопительного прибора определяется по следующей формуле [5; 6]:

$$A = Q_{пр}/(q_{ном}·φ_к), \quad (7)$$

где $Q_{пр}$ – требуемая теплоотдача прибора, Вт; $q_{ном}$ – номинальная плотность теплового потока отопительного прибора, Вт/м^2·°С; $φ_к$ – комплексный коэффициент.

Таким образом, задаваясь типом отопительного прибора, можно рассчитать насколько измениться площадь нагревательной поверхности отопительного прибора при изменении температурного графика относительно от расчетного для отопления. Здесь значение *y*, будет характеризироваться отношением температуры теплоносителей по расчету на отопление и температурному графику:

$$A = Q_{пр}/(q_{ном}·γ·φ_к^ф), \quad (8)$$

На рис. 2 приведены зависимости изменения площади отопительных приборов в зависимости от способа присоединения систем отопления к тепловым сетям.

Основные выводы при выполнении численного анализа по приведенным математическим моделям:

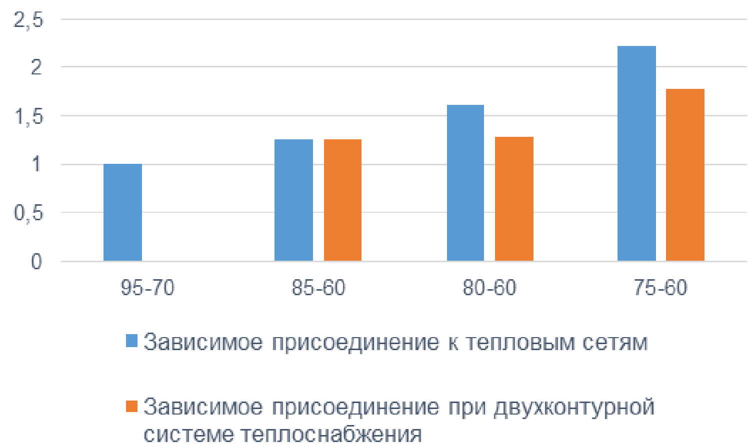

Рис. 2. Зависимость изменения площади отопительных приборов от температурного графика

– Необходимо рассматривать систему теплоснабжения населенного пункта, как единую систему, состоящую из следующих взаимосвязанных элементов – источник, тепловые сети и потребитель. Изменение в каждом из элементов системы ведет к изменению равновесия системы.

– При изменении температурного графика у источника, наибольшие проблемы возникают у общественных зданий, которые выполняются согласно проектам. В сельских населенных пунктах такими зданиями являются школа, детсад, медпункт, спортзал, многофункциональные центр и др. Системы отопления индивидуальных домов, присоединяемых к централизованному теплоснабжению, как обычно выполняются с запасом. Поэтому изменение температурного графика мало влияет на работу системы отопления этих зданий.

В результате численного анализа выявлено, что площадь отопительных приборов, рассчитанная при температурном графике 95-70 °С не соответствует поддержанию необходимого микроклимата в помещениях от 1,2 до 2 раз в зависимости какой утвержденный график. Таким образом, изменение диаметра тепловых сетей при пониженном температурном графике не приводит к сохранению теплоотдачи отопительных приборов, так как система отопления не принимает увеличенный расход теплоносителя.

Основные рекомендации по теплоснабжению малых населенных пунктов, расположенных вдали от газовых сетей:

– Котельная установка должна эксплуатироваться согласно проектному решению, необходимым количеством котлов с соответствующей теплоотдачей, водоподготовкой, насосной группой и КИП согласно утвержденному температурному графику с учетом расчетных значений теплоносителя на общественные здания;

– Система отопления зданий, особенно, вновь строящихся общественных зданий должна быть рассчитана согласно эксплуатируемому температурному графику;

– При переводе на двухконтурную систему теплоснабжения, температурный график если рассчитан на первый контур 85-60 °С, то второй контур не ниже 80-60 °С. При других значениях надо полностью выполнить перерасчет системы отопления.

Литература

1. Братенков, В.Н. Теплоснабжение малых населенных пунктов / В.Н. Братенков, П.А. Хаванов, Л.Я. Вэскер. – М. : Стройиздат, 1988. – 223 с.
2. Хаванов, П.А. Оптимизация тепловых и гидравлических режимов работы универсального ряда автономных котельных для ЖКХ / П.А. Хаванов, К.П. Барынин // АВОК. – 2005. – № 4. – С. 32–44.
3. Иванов, В.Н. Влияние параметров климата на эксплуатацию систем теплообеспечения здания / В.Н. Иванов, А.Н. Колодезникова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 11(146). – С. 90–93.
4. Рафальская, Т.А. Исследование переменных режимов работы систем централизованного теплоснабжения при качественно-количественном регулировании / Т.А. Рафальская, А.Р. Мансуров, И.Р. Мансурова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 79–91.
5. Сканави, А.Н. Отопление / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М. : АСВ, 2008. – 576 с.
6. Малявина, Е.Г. Теплопотери здания / Е.Г. Малявина. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2011 – 148 с.

References

1. Bratenkov, V.N. Teplosnabzhenie malykh naselennykh punktov / V.N. Bratenkov, P.A. KHavanov, L.YA. Vesker. – M. : Strojizdat, 1988. – 223 s.
2. KHavanov, P.A. Optimizatsiya teplovykh i gidravlicheskikh rezhimov raboty universalnogo ryada avtonomnykh kotelnykh dlya ZHKKH / P.A. KHavanov, K.P. Barynin // AVOK. – 2005. – № 4. – S. 32–44.
3. Ivanov, V.N. Vliyanie parametrov klimata na ekspluatatsiyu sistem teploobespecheniya zdaniya / V.N. Ivanov, A.N. Kolodeznikova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 11(146). – S. 90–93.
4. Rafalskaya, T.A. Issledovanie peremennykh rezhimov raboty sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniya pri kachestvenno-kolichestvennom regulirovanii / T.A. Rafalskaya, A.R. Mansurov, I.R. Mansurova // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i arkhitektura. – 2019. – T. 10. – № 2. – S. 79–91.
5. Skanavi, A.N. Otoplenie / A.N. Skanavi, L.M. Makhov. – M. : ASV, 2008. – 576 s.
6. Malyavina, E.G. Teplopoteri zdaniya / E.G. Malyavina. – M. : AVOK-PRESS, 2011 – 148 s.

Microclimate of Public Building with Changing Temperature Patterns in the Far North

A.N. Kolodeznikova, V.N. Ivanov

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova,
Yakutsk (Russia)

Key words and phrases: microclimate, temperature schedule, heating system, small towns.

Abstract. This article examines changes in the temperature schedule parameters of heating networks and their impact on the microclimate of public buildings in northern settlements. The objectives of the study are to analyze changes in the area of heating system heaters under various heating network coolant parameters. The study hypothesis is that optimizing the temperature schedule parameters will improve the microclimate quality of public buildings. The research methods include synthesis, comparison, and numerical analysis. Recommendations are proposed for improving the efficiency of heating systems in settlements in the Far North.

УДК 679.911: 504.05

Экономическая и экологическая эффективность модернизации систем вентиляции на промышленных предприятиях

Д.В. Шайкин, В.И. Лепилов, И.А. Обиднов, А.И. Жупанов

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

Ключевые слова и фразы: вентиляция, автоматизированная система управления, рекуперация тепла, VAV-системы, энергоэффективность, мониторинг, экономическая эффективность.

Аннотация. В статье рассматриваются методы повышения энергетической и эксплуатационной эффективности систем вентиляции на промышленных предприятиях. Целью исследования является количественная оценка экономической и экологической эффективности модернизации с применением автоматизированного мониторинга, рекуперации тепла и VAV-технологий. Задачами исследования являются анализ текущих режимов работы вентиляции, моделирование энергопотребления CAV- и VAV-систем, оценку потенциала энергосбережения и расчет срока окупаемости инвестиций. Гипотеза заключается в том, что комплексное внедрение цифровых и энергосберегающих решений позволит существенно снизить эксплуатационные расходы и обеспечить окупаемость модернизации менее чем за два года. Методы включают анализ данных мониторинга параметров микроклимата и энергопотребления, математическое моделирование на основе закона подобия вентиляторов, расчет энергосбережения и ROI, сравнительный анализ CAV- и VAV-подходов. Результаты показали, что применение рекуперации тепла (КПД 80 %) и VAV-систем обеспечивает годовую экономию до 1 273 920 руб., а при капитальных затратах 1 500 000 руб. срок окупаемости составляет около 19 месяцев. Подтверждено также улучшение условий труда и снижение выбросов CO_2.

Современные промышленные объекты сталкиваются с необходимостью обеспечения нормативных параметров микроклимата при одновременной минимизации эксплуатационных затрат. Системы вентиляции часто являются одними из наиболее энергоемких инже-

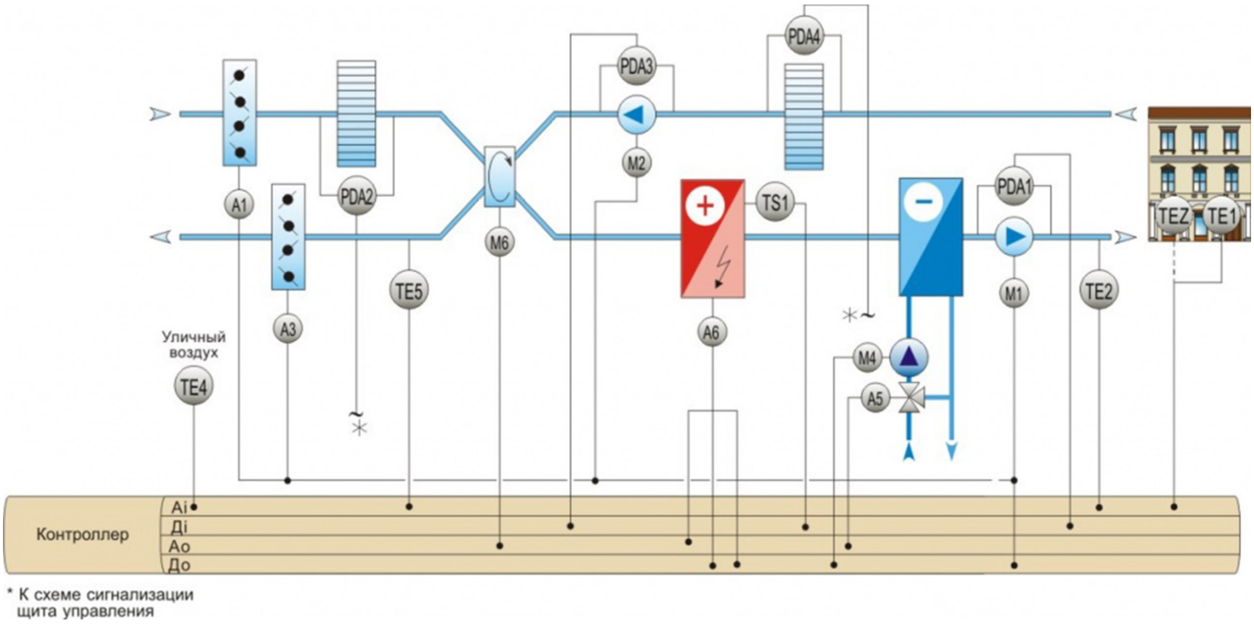

Рис. 1. Блок-схема управления производительностью вентилятора в зависимости от CO_2 и состояния фильтров

нерных подсистем, потребляя до 30–50 % от общего объема электроэнергии, расходуемой на объекте. В условиях ужесточения экологических требований и роста цен на энергоресурсы актуальной становится задача оптимизации работы вентиляционных установок с использованием цифровых технологий и энергосберегающего оборудования. Целью настоящей работы является анализ существующих подходов к мониторингу и управлению вентиляционными системами, а также количественная оценка экономической и экологической эффективности их модернизации.

Для оценки эффективности модернизации вентиляции использованы следующие методы:

1. Анализ режимов работы на основе данных мониторинга (температура, влажность, концентрация *CO*2, перепад давления на фильтрах, энергопотребление);
2. Моделирование энергопотребления *CAV*- и *VAV*-систем с учетом закона подобия вентиляторов;
3. Расчет энергосбережения от применения рекуператоров тепла;
4. Оценка срока окупаемости капитальных вложений (*ROI*).

Анализ проводился на гипотетическом производственном объекте с типичными параметрами: годовая нагрузка на отопление — 500 000 кВт·ч, максимальная производительность вентиляции — 10 000 м³/ч, средняя стоимость тепловой энергии — 2 руб./кВт·ч.

Интеллектуальный мониторинг и адаптивное управление

Современные автоматизированные системы управления (АСУ) вентиляцией позволяют переходить от реактивного к проактивному режиму эксплуатации. Сбор и архивирование данных с датчиков обеспечивает возможность анализа трендов, выявления аномалий и оптимизации параметров работы в реальном времени.

На основе мониторинга возможно реализовать алгоритмы адаптивного управления. Например, если концентрация *CO*2 в помещении не превышает 800 *ppm*, а перепад давления на фильтрах — 80 % от допустимого, система снижает частоту вращения вентилятора до 70 % номинала. При превышении хотя бы одного из пороговых значений мощность автоматически увеличивается до 85 %. При достижении перепада давления 95 % формируется сигнал на замену фильтров.

Такой подход позволяет поддерживать микроклимат в рамках санитарных норм при минимизации энергозатрат.

Экономическая эффективность модернизации:

Рекуперация тепла. Установка рекуператора с эффективностью 80 % при годовой потребности в тепле 500 000 кВт·ч обеспечивает экономию:

$$E = 500\,000 \cdot 0{,}8 = 400\,000 \text{ (кВт·ч/год)}.$$

При тарифе 2 руб./кВт·ч:

$$S = 400\,000 \cdot 2 = 800\,000 \text{ (руб./год)}.$$

VAV-системы. Для *CAV*-системы, работающей постоянно на 10 000 м³/ч (потребление — 5 кВт), фактическая потребность в 60 % времени составляет 60 % от максимума. Согласно закону подобия:

$$P = P_{\max} \cdot \left(\frac{Q_{fact}}{Q_{\max}}\right) = 5 \cdot (0{,}6)^3 = 1{,}08.$$

Согласно закону подобия вентиляторов, мощность пропорциональна кубу производительности: при 60 % расхода воздуха мощность составляет $0{,}6^3 \approx 0{,}216$ от номинала, то есть 1,08 кВт.

Среднегодовое энергопотребление:

$$P_{ср} = 0{,}6 \cdot 1{,}08 + 0{,}4 \cdot 5 = 2{,}65 \text{ (кВт)}.$$

Годовая экономия по сравнению с *CAV* (5 кВт постоянно):

$$\Delta E = (5 - 2{,}65) \cdot 24 \cdot 365 = 20600 \text{ (кВт·ч/год)}.$$

При тарифе на электроэнергию 6 руб./кВт·ч:

$$S = 206000 \cdot 6 = 124000 \text{ (руб./год)}.$$

Общая годовая экономия от внедрения рекуперации и *VAV*:

$$S\text{общ.} = 800\,000 + 124\,000 = 924\,000 \text{ (руб./год)}.$$

При капитальных затратах на модернизацию 1 500 000 руб., срок окупаемости $T = \frac{1500000}{924000} = 1{,}62,$ то есть срок окупаемости примерно составит 19 месяцев.

$$ROI = \frac{924000}{1500000} \cdot 100\% = 61{,}6 \text{ (кВт·ч/год)}.$$

Таким образом, проект обладает высокой инвестиционной привлекательностью.

Помимо экономии, модернизация вентиляции способствует:

1. снижению выбросов $CO2$ за счет сокращения потребления энергии;
2. улучшению условий труда (нормализация $CO2$, температуры, влажности);
3. снижению заболеваемости персонала и, как следствие, производственных потерь;
4. выполнению требований законодательства в области охраны окружающей среды и охраны труда.

Вопросы по системам вентиляции и промышленным установкам освещены в литературе [1—5].

Вывод. Модернизация вентиляционных систем промышленных объектов с использованием современных автоматизированных систем управления, рекуперации тепла и *VAV*-технологий представляет собой стратегически оправданную меру, обеспечивающую значительную энерго- и ресурсоэкономию. Расчетные данные подтверждают, что такие инвестиции окупаются в течение 1,5–2 лет и сопровождаются устойчивыми экологическими и социальными выгодами: снижением выбросов CO_2, улучшением микроклимата и условий труда, а также уменьшением рисков, связанных с несвоевременным техническим обслуживанием. Особую роль играет внедрение интеллектуального мониторинга, который позволяет не только оптимизировать энергопотребление, но и своевременно заменять фильтры на основе анализа перепада давления. Предложенный подход демонстрирует высокую воспроизводимость и может быть адаптирован для широкого класса промышленных предприятий, что делает его перспективным инструментом в рамках стратегий устойчивого развития и цифровой трансформации.

Литература

1. Маслов, А.Д. Исследование эффективности работы котла-утилизатора / А.Д. Маслов, А.А. Коноваленко, А.И. Жупанова, А.В. Ковылин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 1(103). – С. 8–13.
2. Волков, И.Е. Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга параметров микроклимата помещений / И.Е. Волков, М.В. Раскатова, П. Щеголев, Э.А. Челышев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 11(89). – С. 14–18.
3. Кондауров, П.П. Метод комплексного расчета теплового баланса и вентиляционного режима тепличного хозяйства при использовании газовых инфракрасных нагревателей / П.П. Кондауров, Д.О. Ганьшин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – С. 6–10.
4. Мельников, Е.В. Исследование материалов и процессов обогрева и теплоизоляции трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, тепловых сетей, газопроводов / Е.В. Мельников, А.В. Ковылин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 4(82). – С. 31–35.

References

1. Maslov, A.D. Issledovanie effektivnosti raboty kotla-utilizatora / A.D. Maslov, A.A. Konovalenko, A.I. ZHupanova, A.V. Kovylin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 1(103). – S. 8–13.
2. Volkov, I.E. Razrabotka programmno-apparatnogo kompleksa monitoringa parametrov mikroklimata pomeshchenij / I.E. Volkov, M.V. Raskatova, P. SHCHegolev, E.A. CHelyshev //

Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 11(89). – S. 14–18.

3. Kondaurov, P.P. Metod kompleksnogo rascheta teplovogo balansa i ventilyatsionnogo rezhima teplichnogo khozyajstva pri ispolzovanii gazovykh infrakrasnykh nagrevatelej / P.P. Kondaurov, D.O. Ganshin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – S. 6–10.

4. Melnikov, E.V. Issledovanie materialov i protsessov obogreva i teploizolyatsii truboprovodov goryachego i kholodnogo vodosnabzheniya, teplovykh setej, gazoprovodov / E.V. Melnikov, A.V. Kovylin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 4(82). – S. 31–35.

Economic and Environmental Efficiency of Ventilation System Modernization in Industrial Enterprises

D.V. Shaikin, V.I. Lepilov, I.A. Obidnov, A.I. Zhupanov

Volgograd State Technical University,
Volgograd (Russia)

Key words and phrases: ventilation, automated control system, heat recovery, VAV systems, energy efficiency, monitoring, cost-effectiveness.

Abstract. The article discusses methods for improving the energy and operational efficiency of ventilation systems in industrial enterprises. The purpose of the study is to quantify the economic and environmental benefits of modernization using automated monitoring, heat recovery, and VAV technologies. The objectives of the study include analyzing current ventilation modes, modeling energy consumption of CAV and VAV systems, assessing energy savings potential, and calculating the payback period for investments. The hypothesis is that the integrated implementation of digital and energy-saving solutions can significantly reduce operating costs and ensure a payback period of less than two years. Methods include analysis of microclimate and energy consumption monitoring data, mathematical modeling based on the similarity law of fans, calculation of energy savings and ROI, and a comparative analysis of CAV and VAV approaches. The results showed that the use of heat recovery (80% efficiency) and VAV systems provides an annual savings of up to 1,273,920 RUB, and with a capital cost of 1,500,000 RUB, the payback period is about 19 months. The improvement of working conditions and reduction of CO2 emissions have also been confirmed.

УДК 679.911

Оценка экономической целесообразности обслуживания вентиляции

Д.В. Шайкин, И.А. Обиднов, А.И. Жупанова, А.В. Ковылин

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

Ключевые слова и фразы: система вентиляции, экономическая эффективность, планово-предупредительное обслуживание, фильтры, энергоэффективность.

Аннотация. В статье приведено описание экономической эффективности плана производства работ систем вентиляции, которая основана на анализе затрат при замене фильтров. Задачами исследования являются анализ влияния степени загрязнения фильтров и разработка рекомендаций по оптимальным срокам замены фильтров с учетом реальных условий эксплуатации и оценка экономической выгоды от своевременной замены фильтров по сравнению с несвоевременной. Гипотеза исследования заключается в том, что внедрение динамического подхода к замене фильтров на основе мониторинга перепада давления позволит снизить эксплуатационные расходы за счет уменьшения энергопотребления без увеличения затрат на материалы. Методы исследования данной проблематики включают использование анализа технической и нормативной документации, расчетно-аналитический метод оценки затрат на фильтры и электроэнергию, а также сравнительный анализ сценариев своевременного и несвоевременного технического обслуживания. В статье приведены результаты целесообразности внедрения динамического мониторинга по перепаду давления и комплексной диагностики для оптимизации технического обслуживание в коммерческих и промышленных зданиях.

Надежность системы вентиляций является важным для комфорта и безопасности в зданиях и напрямую зависит от качества их технического обслуживания. Часто планово-предупредительный ремонт (ППР) воспринимается как рутинная затратная процедура, тогда как его стратегическая роль является минимизация отказов, продление срока службы оборудования и снижение эксплуатационных расходов, которая недооценена.

Также к надежности вентиляции относится профилактика фильтров, включающая контроль состояния фильтров, загрязнение которых не только ухудшает качество воздуха, но и приводит к росту энергопотребления вентиляторов из-за повышенного сопротивления потоку, что часто игнорируется, несмотря на значительные финансовые последствия.

Кроме того, и систематическое техническое обслуживание (ТО) является стратегически важным комплексом мероприятий, направленных на профилактику отказов, обеспечение надежности и продление межремонтного срока оборудования систем вентиляции. Основу такой системы составляет (ППР), проводимый в соответствии с регламентами производителей и внутренними стандартами эксплуатирующей организации.

Типовая структура ППР включает: ежедневные осмотры с визуальной проверкой работоспособности вентиляторов, отсутствия аномальных шумов, вибраций и протечек; еженедельное и ежемесячное ТО с заменой или очисткой фильтров, смазкой подвижных элементов, контролем уровня масла и очисткой теплообменников; ежеквартальное и полугодовое ТО с углубленной диагностикой, проверкой состояния ременных передач, контролем электрических соединений, измерением скорости воздушного потока и давления; ежегодное ТО с комплексной инспекцией всех узлов, проверкой герметичности воздуховодов, тестированием систем автоматики. Данные исследования в этой области также приведены в литературе [1–4].

Критически важным элементом ТО является оптимизация периодичности замены фильтров. Рекомендации по замене фильтров класса *G*4 составляет каждые 3 месяца, что часто является ориентировочным и не учитывает реальные условия эксплуатации. Для достижения оптимального баланса между затратами и эффективностью рекомендуется внедрять динамический подход на основе мониторинга перепада давления на фильтре с помощью дифференциального манометра и тогда заменять фильтр будут при достижении критического значения перепада давления.

Приведем порядок определения периодичности замены для фильтров класса *G*4. Их рекомендуется замена каждые 3 месяца при нормальных условиях эксплуатации. Если система работает 24/7, а на объекте наблюдается повышенное пылеобразование, то регулярный мониторинг перепада давления на фильтре, например с помощью дифференциального манометра, позволит определить оптимальную частоту замены. Когда перепад давления достигает 250 Па, что является рекомендуемым пределом для данного класса фильтров, то фильтры необходимо будет заменить, независимо от установленного графика замены. На рис. 1 приведена динамика перепада давления на фильтре в зависимости от его загрязненности.

Для обеспечения превентивного характера обслуживания современные системы оснащаются датчиками, позволяющими проводить вибрационную диагностику с мониторингом уровня вибрации вентиляторов и двигателей, которая выявляет дефекты дисбаланса лопастей, износ подшипников или ослабление креплений. Также датчики позволяют анализировать энергопотребление и производить тепловизионный контроль.

Регулярная замена фильтров и очистка теплообменников и воздуховодов напрямую влияют на эксплуатационные характеристики системы. Фильтры, являясь «легкими» системами, требуют внимательного отношения: их загрязнение приводит к снижению качества воздуха и увеличению нагрузки на вентиляторы, что в свою очередь ведет к росту энергопотребления. Загрязнение теплообменников снижает их теплопередачу, уменьшая КПД рекуперации и увеличивая расход энергии. Засорение воздуховодов не только ухудшает качество воздуха и снижает пропускную способность, но и создает пожароопасную ситуацию.

Приведем обоснование экономической целесообразности своевременного ТО. Например, стоимость одного фильтра класса *G*4 составляет 500 рублей, а его номинальный

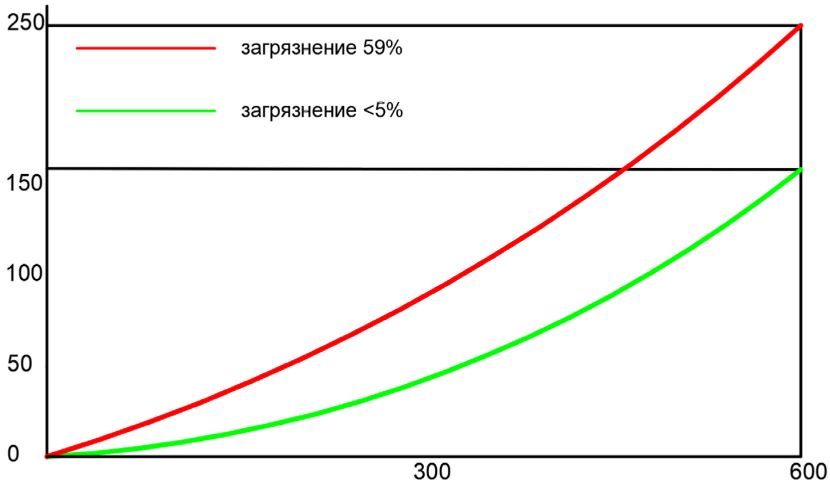

Рис. 1. Дифференциальное давление в сажевом фильтре FAP в зависимости от степени его загрязнения

срок службы — 3 месяца. При этом система работает круглосуточно, что требует замены фильтров 4 раза в год. Тогда годовые затраты на закупку фильтров для одного воздухообрабатывающего агрегата (ВЕА) составят 2000 руб./год

При несвоевременной замене фильтров перепад давления на них возрастает, что приводит к увеличению нагрузки на вентилятор и, как следствие, к росту его энергопотребления. Допустим, что рост энергопотребления вентилятора ВЕА составляет 10 % от его базового годового потребления, равного 5000 (кВт·ч). Стоимость электроэнергии принята на уровне 5 рублей за 1 (кВт·ч). Тогда дополнительные годовые затраты на электроэнергию при несвоевременной замене фильтров составят:

$$5000 \times 0{,}10 \times 5 = 2500 \text{ (руб./год)}.$$

Общие годовые эксплуатационные затраты при несвоевременной замене фильтров будут включать как затраты на фильтры, так и дополнительные затраты на электроэнергию. Однако, для чистоты сравнения, мы сравниваем два сценария: своевременная замена и несвоевременная замена. В случае несвоевременной замены, затраты на фильтры могут быть ниже. Например, если менять их раз в 6 месяцев, то стоимость двух фильтров в год составит 1000 рублей. Тогда дополнительные затраты на энергию будут высокими и составят 2500 руб. Общие затраты в этом случае будут составлять:

$$1000 + 2500 = 3500 \text{ (руб./год)}.$$

При замене каждые 3 месяца общие затраты составляют:

$$2000 \text{ руб. (фильтры)} + 0 \text{ руб. (допополнительнвя энергия)} = 2000 \text{ (руб./год)}.$$

Таким образом, с учетом повышенного энергопотребления чистая экономия от своевременной замены фильтров по сравнению с несвоевременной составляет: 3500 – 2000 = 1500 (руб/год).

На рисунке 2 показано сравнение затрат на эксплуатацию с несвоевременной и своев-

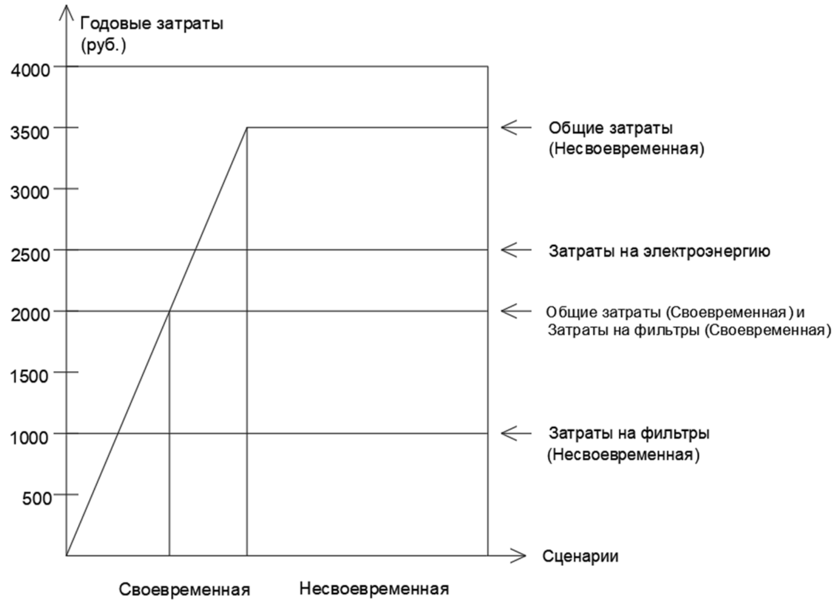

Рис. 2. Сравнение затрат на эксплуатацию с несвоевременной и своевременной заменой фильтров

ременной заменой фильтров.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что планово-предупредительное обслуживание (ППР) систем вентиляции — это стратегически важный инструмент для повышения надежности и снижения эксплуатационных затрат.

Литература

1. Волков, И.Е. Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга параметров микроклимата помещений / И.Е. Волков, М.В. Раскатова, П. Щеголев, Э.А. Челышев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 11(89). – С. 14–18.
2. Усадский, Д.Г. Исследование гидравлических сопротивлений в современных системах отопления / Д.Г. Усадский, К.А. Цибизова, Д.М. Бекларян // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2(49). – С. 150.
3. Кондауров, П.П. Метод комплексного расчета теплового баланса и вентиляционного режима тепличного хозяйства при использовании газовых инфракрасных нагревателей / П.П. Кондауров, Д.О. Ганьшин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – С. 6–10.
4. Латушкин, А.П. Использование модуля nRF24L01+ в качестве Bluetooth Low Energy устройства для передачи данных о состоянии микроклимата помещений / А.П. Латушкин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – С. 11–16.

References

1. Volkov, I.E. Razrabotka programmno-apparatnogo kompleksa monitoringa parametrov mikroklimata pomeshchenij / I.E. Volkov, M.V. Raskatova, P. SHCHegolev, E.A. CHelyshev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 11(89). – S. 14–18.
2. Usadskij, D.G. Issledovanie gidravlicheskikh soprotivlenij v sovremennykh sistemakh

otopleniya / D.G. Usadskij, K.A. TSibizova, D.M. Beklaryan // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2018. – № 2(49). – S. 150.

3. Kondaurov, P.P. Metod kompleksnogo rascheta teplovogo balansa i ventilyatsionnogo rezhima teplichnogo khozyajstva pri ispolzovanii gazovykh infrakrasnykh nagrevatelej / P.P. Kondaurov, D.O. Ganshin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – S. 6–10.

4. Latushkin, A.P. Ispolzovanie modulya nRF24L01+ v kachestve Bluetooth Low Energy ustrojstva dlya peredachi dannykh o sostoyanii mikroklimata pomeshchenij / A.P. Latushkin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 7(109). – S. 11–16.

Assessment of the Economic Feasibility of Ventilation Maintenance

D.V. Shaikin, I.A. Obidnov, A.I. Zhupanova, A.V. Kovylin

Volgograd State Technical University,
Volgograd (Russia)

Key words and phrases: ventilation system, cost-effectiveness, preventive maintenance, filters, energy efficiency.

Abstract. The article provides a description of the economic efficiency of the work production plan (WPP) for ventilation systems, which is based on the analysis of costs associated with filter replacement. The objectives of the study are to analyze the impact of filter contamination and develop recommendations for optimal filter replacement times based on real-world operating conditions, as well as to assess the economic benefits of timely filter replacement compared to delayed replacement. The hypothesis of the study is that implementing a dynamic approach to filter replacement based on pressure differential monitoring can reduce operating costs by reducing energy consumption without increasing material costs. Research methods include the use of technical and regulatory documentation analysis, a calculation and analytical method for estimating the cost of filters and electricity, as well as a comparative analysis of scenarios for timely and untimely maintenance. The article presents the results of the feasibility of implementing dynamic pressure drop monitoring and comprehensive diagnostics to optimize maintenance in commercial and industrial buildings.

УДК 691.32

Advantages of Production and Use of Carbon Concrete in Modern Construction Industry

E.V. Shalomova, R.V. Knyazev

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia)

Key words and phrases: carbon concrete, composite, carbon fiber, carbon fiber properties, strength.

Abstract. The purpose of the article is to study and analyze the advantages of the production and use of carbon concrete in the modern construction industry. Research objectives are to consider the advantages of the chemical properties of carbon concrete, which make it a unique building material, the structure and basic characteristics of carbon fiber, indicating its resistance to corrosion and exposure to acids, alkalis and other aggressive media. Research hypothesis assumes that the use of carbon concrete in the construction industry due to its properties and characteristics, as well as the presence of carbon nanotubes in the composition, which gives it high strength and rigidity, in addition, its low thermal conductivity, which makes it an excellent thermal insulation material, will be profitable and promising for the development of the industry. Research methods included theoretical analysis, synthesis, and generalization. The results of the study are as follows: based on the material studied, as a result of practical work during the study, we found that carbon concrete structures are thinner, stronger and more durable than its direct competitor – reinforced concrete.

Introduction

Among contemporary global challenges, the ecological crisis represents the most pressing concern. When using conventional reinforced concrete, a large amount of CO2 is emitted as in the production of the cement itself. But with the advent of a new modification of reinforced concrete, which uses carbon fibers and tubes instead of ordinary metal reinforcement, it allows you to spend less cement when erecting structures by reducing the thickness of any structural elements. Carbon fibers demonstrate strength comparable to metal materials, but at the same time significantly exceed them in two important parameters - low weight and high ductility.

In Germany, the SOLAR.shell project created carbon concrete, an innovative material originally focused on the construction of facade structures with built-in solar panels. Its key technological advantage lies in the fact that already at the casting stage it is possible to form special recesses for the installation of photovoltaic panels and the necessary auxiliary equipment.

Carbon concrete properties

The developers emphasize: the potential of carbon concrete goes far beyond use with solar panels. This material can become a universal replacement for traditional reinforced concrete – thanks to the combination of insignificant weight and outstanding strength, it is suitable for a wide variety of building structures.

Also, after research in the field of building materials, which was carried out in order to create a new type of concrete with improved characteristics. The main goal was to increase the strength and durability of concrete, as well as reduce its weight and cost. To achieve these goals, scientists experimented with various additives and fillers, including carbon. As a result, a material was created that combines the properties of concrete and carbon, which allows it to have high strength and resistance to various influences.

Carbon concrete also has a number of other advantages, such as low thermal conductivity, which makes it suitable for use as a thermal insulation material, and high corrosion resistance, which makes it suitable for use in aggressive environments.

The high cost of carbon fiber is not an obstacle to its use in various sectors of modern industry. The production of graphite filaments is a multi-stage process in which polyacrylonitrile or viscose fibers are heated gradually under various conditions to a char state. As a result, a material consisting almost entirely of carbon is obtained.

The diameter of the carbon filament is less than the diameter of the human hair (41 to 120 μm) is 5–10 μm, and the structure of the carbon filament is ordered crystalline chains of carbon atoms. Threads are woven into a rope – up to 50000 threads in one and thus used in industry.

The key advantages of carbon fiber are its demand in structures with extreme operating conditions due to its exceptional tensile strength 4 times higher than elite steel grades. For clarity: to break the rod made of carbon fiber with a diameter of 5 mm, you need to apply a force of 2500 kg. For comparison: a similar rod made of cast iron will collapse at a load of 150 kg.

At the same time, carbon fiber has another significant advantage – its density is 4 times lower than that of steel, which means that the material weighs four times less with comparable strength.

A special feature of carbon fiber is its electrical conductivity. When passing a weak current, the material is able to generate heat. This property is implemented in The Cube project: insulation gaskets, carbon fiber heating elements and touch surfaces are integrated into the concrete walls of the building.

Composite materials with carbon fiber as a reinforcing component are widely used: in mechanical engineering; in the aviation industry; in the production of sports equipment; in construction.

In the construction industry, carbon fiber serves as the basis for: reinforcing tapes; special canvases; composite reinforcement for concrete structures.

Reinforcing tapes and webs are specially woven textiles impregnated with polymeric resins. Reinforcement is made of carbon fibers bonded with a hardened polymer binder. To improve adhesion to concrete, a sand coating is applied to the surface of the rods or protruding ribs are formed.

Due to its exceptional strength, carbon is used both to strengthen new structures and to restore the performance of existing structures.

At first glance, the solutions described do not have a direct connection with carbon concrete. However, it was the unique characteristics of carbon fiber that prompted German researchers to create a fundamentally new building material.

Specialists of the Dresden Institute of Monolithic Construction proposed a revolutionary replacement for traditional metal reinforcement in concrete structures. Instead, they used carbon fiber, formed into a special lattice structure by interweaving.

The result exceeded expectations: the resulting material demonstrates superiority over all existing types of concrete in key indicators – it is significantly stronger and at the same time has a lower specific gravity.

Despite the seeming simplicity of the concept, development took decades. Chemists painstakingly worked to achieve a reliable adhesion of carbon fiber textiles to the concrete mixture. The key stage was the creation of a special coating for textiles – the manufacturer has not yet disclosed its exact composition.

Technologies for production of concrete products

Today, two main methods of manufacturing carbon concrete structures are used:

1. Layer-by-layer laying. The technology involves the sequential superposition of layers:
- textile fabric is laid on the concrete mix;
- then a thin layer of concrete is applied;
- The process is repeated until the required thickness of the structure is achieved.
2. Pouring into the formwork. A classic method in which:
- carbon fiber reinforcement is pre-fixed in the formwork or mould;
- after that concrete mixture is poured.

Key advantages of carbon concrete over reinforced concrete
- Reduced weight. Greatly simplifies and speeds up construction work.
- Increased strength. Surpasses reinforced concrete several times.
- Durability and stability. The material is not susceptible to cracking, and carbon fiber reinforcement does not rust – unlike metal reinforcement in reinforced concrete, which eventually becomes the cause of structural failure.

Due to the noted properties, carbon concrete significantly surpasses analogues with metal reinforcement in terms of durability and reliability.

The only significant drawback of the material is the high cost. However, it pays off due to the exceptional strength of the structures: they go without repair and reconstruction for decades.

The developers have successfully introduced coal concrete into practice. In two German cities, it was used to reconstruct historic buildings that would otherwise have to be dismantled.

In the future, the material is planned to be actively used in new construction. As an experiment, a four-meter pavilion of complex elements with a thickness of only 4 cm was erected. It is impossible to create such a structure from reinforced concrete – it will not provide the required strength.

Scientists receive numerous requests from different countries: in many regions, reconstruction of reinforced concrete structures is urgently required. Experts predict that in 10 years the ratio of the use of coal concrete and reinforced concrete in construction will reach 1:4.

Key benefits of technology

1. Material saving and environmental friendliness. Carbohydrate concrete provides the necessary strength with less concrete consumption. This allows: create lightweight but durable structures; reduce COg emissions in construction by up to 50 %.
2. Production technology. Carbon mesh is made by pyrolysis – thermal decomposition, which results in almost pure carbon crystals. Further, carbon yarn is woven into a mesh, on which concrete is applied before setting.
3. Increased durability. Distinction from steel rods, carbon fiber is not subject to corrosion.
4. Design flexibility. The absence of steel rods makes it possible to make structures much thinner (no need to take into account protection against water penetration). This opens the way to: “architecture of the future”; combining sustainable design with formal freedom; a radical rethinking of the basic principles of construction.

Conclusion

Carbon concrete is a promising building material that contains carbon in its composition. It has high strength, durability and fire resistance. Carbon concrete structures can be used for the construction of buildings and structures, as well as for the production of building materials. However, despite all the advantages, carbon concrete has some disadvantages. One of them is its high cost, which may be due to the complexity of the production and processing of the material. Carbon concrete structures also require special equipment and technologies for installation, which can increase construction costs. For its widespread use, it is necessary to solve the problems associated with its cost and manufacturability.

References

1. Каблов, Е.Н. Роль фундаментальных исследований при создании материалов нового поколения / Е.Н. Каблов // Тез. докл. XXI Менделеевского съезда по общей и прикладной химии: в 6 т. – СПб., 2019. – Т. 4. – С. 24.
2. Никулин, И.В. Применение высокопрочного бетона в жилищном строительстве / И.В. Никулин, Д.С. Ванус // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – С. 16–21.
3. Nazari, A. Handbook of Low Carbon Concrete / A. Nazari. – Butterworth-Heinemann, 2016.

References

1. Kablov, E.N. Rol fundamentalnykh issledovanij pri sozdanii materialov novogo pokoleniya / E.N. Kablov // Tez. dokl. KHKHI Mendeleevskogo sezda po obshchej i prikladnoj khimii: v 6 t. – SPb., 2019. – T. 4. – S. 24.
2. Nikulin, I.V. Primenenie vysokoprochnogo betona v zhilishchnom stroitelstve / I.V. Nikulin, D.S. Vanus // Somponents of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – S. 16–21.

Преимущества производства и использования углеродобетона в современной строительной отрасли

Е.В. Шаломова, Р.В. Князев

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир (Россия)

Key words and phrases: углеродобетон, композит, углеволокно, свойства углеволокна, прочность.

Abstract. Цель статьи – изучить и проанализировать преимущества производства и использования углеродобетона в современной строительной отрасли. Задачи исследования: рассмотреть преимущества химических свойств углеродобетона, которые делают его уникальным строительным материалом, структуру и базовые характеристики углеволокна, указывающие на его устойчивость к коррозии и воздействию кислот, щелочей и других агрессивных сред. Гипотеза исследования: использование углеродобетона в строительной отрасли благодаря его свойствам и характеристикам, а также наличию углеродных нанотрубок в составе, что придает ему высокую прочность и жесткость, кроме того его низкая теплопроводимость, которая делает его отличным теплоизоляционным материалом, будет выгодно и перспективно для развития отрасли. Методы исследования: теоретический анализ, синтез, обобщение. Достигнутые результаты исследования: на основании изученного материала, в результате выполнения практических работ в процессе исследования, мы установили, что конструкции из углеродобетона получаются более тонкими, прочными и долговечными, чем у его прямого конкурента – железобетона.

УДК 691.32

Practical Application of Fiber Concrete in Construction and Reconstruction Works

E.V. Shalomova, E.I. Yushkin, A.S. Golubev, D.P. Yezhov

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia)

Key words and phrases: fiber concrete; fiber; monolithic construction; building structures.

Abstract. The purpose of this article is to identify directions for the use of fibrobeton through the analysis of scientific papers presented in publications of recent decades. Research objectives are to study and analyze the possibilities of using fiber concrete for monolithic construction, as well as to increase the strength of brick and reinforced concrete structures, buildings and structures during reconstruction measures. The hypothesis of the study assumes that the use of building structures based on fiber concrete diversifies the practical solutions of many projects in the construction and reconstruction industry and also carries the obvious benefit of using this building material. Research methods included analysis, comparison, synthesis, and the study of practical applications. Results are as follows: in the process of research, we identified the prospects for the use of fiber concrete in the construction industry both in the construction of structures and in restoration work and in the strengthening of existing buildings and structures.

Modern construction of buildings and structures dictates the need to use concrete with increased technical characteristics, such as resistance to compression and tension, resistance to cracking, wear resistance, corrosion protection. To solve this problem, specialists have created special formulations of fine-grained fiber concrete.

Fiber concrete is a small-sized composite material containing reinforcing fillers. Previously, in an effort to reduce the tendency of concrete to crack and increase its strength, builders introduced small fibers into the composition, evenly distributed throughout the volume of the mixture. Thanks to this, an improvement in the mechanical characteristics of the final product was achieved: an increase in strength of up to 35 %; shock resistance; reduced cracking.

There are two groups of fiber:

1) metallic – the starting material is steel, which has various shapes and sizes;

2) non-metallic – made of various materials, such as glass, acrylic, cotton, basalt, polyethylene, carbon, and others.

We believe that it is necessary to emphasize the technical characteristics of fiber concrete, which make it possible to identify the advantages of its use in the construction industry: increased tensile strength; crack resistance; wear resistance and abrasion resistance; increased tensile strength.

Among the many advantages of using fiber concrete, one can note not only the fact that that it has excellent resistance to aggressive environments, humidity and various weather conditions, contributing to the long service life of structures, but also the fact that due to the addition of fiber, the need for traditional reinforcing elements is reduced, reducing the dead weight of structures and reducing the cost of materials, as well as reducing the consumption of concrete when using fiber.

At the same time, it is necessary, in our opinion, to clarify not only the advantages, but also the disadvantages of fibrobeton. The main and only drawback is the relatively high cost of fiber concrete compared to classic types of concrete. However, the durability and durability of the material eliminates this drawback in the long run.

Thus, despite the high initial price, the advantages of fiber concrete provide economic benefits and its effectiveness in construction.

The applications of fiber concrete are determined by the type of fibre used. For example, in the creation of supporting structures, steel or synthetic fiber is used, finishing work is performed with building mixtures with the addition of fiberglass, and for the manufacture of heat-resistant elements using basalt fibers. Mixtures with different types of fiber are used both in the production of prefabricated structures used in mass construction, underground construction, and in the construction of high-rise monolithic buildings.

When selecting the optimal dispersed reinforcement, it is necessary to take into account that the physical and mechanical and geometric characteristics of the reinforcing components should ensure effective reinforcement of the material without causing defects and negative impact on the structural integrity of concrete.

The fibers during the manufacture of fiber concrete must retain a significant proportion of the original strength and have reliable adhesion to the concrete matrix. One of the main difficulties in the manufacture of fiber concrete is the uniform distribution of fibers throughout the entire volume of the material, which excludes direct contact of the fibers with each other.

Disperse reinforcement not only improves the strength characteristics of concrete, but also significantly improves the performance of structures, improving resistance to dynamic loads, changes in temperature and humidity, as well as increasing their wear resistance. This makes it possible to achieve significant advantages in the production and subsequent operation of fiber concrete structures.

The choice of design solutions is determined by the methods of manufacture, assembly and operating conditions of the structures. The shapes and sizes of the elements are designed taking into account the optimal use of the unique properties of fiber concrete, as well as the convenience of a mechanized and automated production process.

The use of monolithic construction expands the traditional framework of ideas about the shapes of structures, allowing you to create original architectural solutions. Along with the use of other building materials, it characterizes a decrease in the operating cost of construction while maintaining the high technical characteristics of the structures being erected.

When performing monolithic construction, it is important to take into account the conditions of the construction site in order to prevent deterioration of the physical and mechanical characteristics of concrete. Correct selection of formwork structures, concrete mix composition and other factors minimizes possible defects of structures.

Fibrobeton in its kind is highly resistant to temperature fluctuations, which may allow its use for the construction of buildings in various regions of our country, regardless of the weather conditions of the region. The material also has high frost and moisture resistance. An additional important advantage is its relatively light weight compared to classical reinforced concrete, which helps to facilitate the structure and reduces the load on the soil base. It is these characteristics that are fundamental for the use of fiber concrete in monolithic construction and guarantee the reliability and durability of the structures being erected.

Also, fibrobeton is actively used for the manufacture of small architectural forms - these are individual structures developed to order. It is possible to sell such products due to the universal qualities of fiber concrete: ease of laying, strength, durability of unique decorative elements. An important factor is resistance to negative environmental influences such as precipitation and corrosion processes.

For these tasks, glass fiber concrete made of concrete with the addition of alkali-resistant fiberglass and zirconium oxide is used. The use of zirconium oxide-based fiber concrete opens up prospects for the development of reliable, durable and wear-resistant building structures. This material provides architects with the opportunity to bring all their creative ideas to life, because it has good plasticity, the ability to accurately reproduce the relief of the formwork surface, the lightness of the structure, which is difficult to surpass other building materials, which reduces the load on the supporting structures of the building, helping to save money on foundation work and the construction of the structure frame. Among other things, the material exhibits low water permeability and excellent fire resistance.

Thus, the analysis of scientific work made it possible to establish the main directions in the use of fiber concrete in modern construction. The results show that the greatest attention is paid to the introduction of fiber concrete in monolithic construction to improve the physical and mechanical characteristics of erected structures, strengthen and modernize existing buildings and structures. Prospects for further study are associated with the search for options for including fiber concrete in the processes of monolithic construction, increasing the efficiency of using fibers of various origins, improving the methods of design and calculation of structures, taking into account the features of fiber concrete.

In our opinion, the study shows the great potential of fiber concrete as a building material with unique physicochemical and physicomechanical properties that allow solving a wide range of problems of modern construction.

References

1. Клюев, А.В. К вопросу формирования высококачественных фибробетонных композитов / А.В. Клюев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 6. – С. 55–57.

2. Клюев, А.В. Экспериментальные исследования фибробетона для промышленного и гражданского строительства / А.В. Клюев, А.В. Нетребенко // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2013. – С. 12–16.

3. Никулин, И.В. Применение высокопрочного бетона в жилищном строительстве / И.В. Никулин, Д.С. Ванус // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – С. 16–21.

4. Русанов, В.Е. Об эффективности применения конструкций из фибробетона в подземном строительстве. Опыт и перспектива / В.Е. Русанов, П.С. Маслов, В.А. Алексеев //

Нанотехнологии в строительстве. – 2024. – № 16. – С. 276–287.

5. Сташевская, Н.А. Обзор и анализ исследований применения высокопрочного фибробетона для высотного строительства / Н.А. Сташевская, Г.Э. Окольникова, Д.М. Асиков // Системные технологии. – 2017. – № 23. – С. 51–55.

References

1. Klyuev, A.V. K voprosu formirovaniya vysokokachestvennykh fibrobetonnykh kompozitov / A.V. Klyuev // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHukhova. – 2014. – № 6. – S. 55–57.

2. Klyuev, A.V. Eksperimentalnye issledovaniya fibrobetona dlya promyshlennogo i grazhdanskogo stroitelstva / A.V. Klyuev, A.V. Netrebenko // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii molodykh uchenykh BGTU im. V.G. SHukhova. – Belgorod, 2013. – S. 12–16.

3. Nikulin, I.V. Primenenie vysokoprochnogo betona v zhilishchnom stroitelstve / I.V. Nikulin, D.S. Vanus // Somponents of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – S. 16–21.

4. Rusanov, V.E. Ob effektivnosti primeneniya konstruktsij iz fibrobetona v podzemnom stroitelstve. Opyt i perspektiva / V.E. Rusanov, P.S. Maslov, V.A. Alekseev // Nanotekhnologii v stroitelstve. – 2024. – № 16. – S. 276–287.

5. Stashevskaya, N.A. Obzor i analiz issledovanij primeneniya vysokoprochnogo fibrobetona dlya vysotnogo stroitelstva / N.A. Stashevskaya, G.E. Okolnikova, D.M. Asikov // Sistemnye tekhnologii. – 2017. – № 23. – S. 51–55.

Практическое применение фибробетона в строительстве и реконструкционных работах

Е.В. Шаломова, Е.И. Юшкин, А.С. Голубев, Д.П. Ежов

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир (Россия)

Key words and phrases: фибробетон, фиброволокно, монолитное строительство, строительные конструкции.

Abstract. Цель данной научной статьи заключается в выявлении направлений использования фибробетона посредством анализа научных работ, представленных в публикациях последних десятилетий. Задачи исследования: изучить и проанализировать возможности применения фибробетона для монолитного строительства, а также для повышения прочности кирпичных и железобетонных конструкций, зданий и сооружений в ходе реконструкционных мероприятий. Гипотеза исследования: мы предполагаем, что использование строительных конструкций на основе фибробетона разнообразит практические решения многих проектов в строительной и реконструкционной отрасли, а также несет на себе очевидную выгоду использования данного строительного материала. Методы исследования: анализ, сравнение. синтез, изучение практического применения. Достигнутые результаты:

в процессе исследования мы выявили перспективы использования фибробетона в строительной отрасли как при возведении конструкций, так и при реставрационных работах и укреплении уже существующих зданий и сооружений.

УДК 658.51

Оптимизация производственного процесса монолитного строительства

О.Б. Забелина, Д.Р. Вокуев

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

Ключевые слова и фразы: монолитное строительство, оптимизация, производственный процесс.

Аннотация. Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время монолитное строительство набирает обороты в виду отсутствия достаточной базы готовых сборных конструкций. Поэтому в современном строительстве на монолитные работы делается большая ставка [1]. Также оно позволяет возводить объекты различного функционального значения.

В статье рассматривается тема оптимизации производственного процесса монолитного строительства и проведенное исследование методов его оптимизации.

Цель исследования – оптимизировать производственный процесс монолитного строительства.

Задачи исследования: Выделить особенности организации производственного процесса монолитного строительства; Провести анализ научных исследований и тематической литературы; Выявить критерии и провести анализ факторов оптимизации производственного процесса монолитного строительства; Разработать методический подход к оптимизации процесса монолитного строительства; Оценить эффективность принятых решений.

Объект исследования - производственный процесс монолитного строительства.

Предмет исследования - оптимизация производственного процесса монолитного строительства.

Методы исследования - системный анализ, экспертная оценка.

Исследование, рассматриваемое в статье, анализирует актуальную тему оптимизации производственного процесса монолитного строительства и разрабатывает методику оптимизации.

Производственный процесс монолитного строительства — это комплекс взаимосвязанных этапов возведения конструктивных элементов здания или сооружения из бетонной смеси, залитой в заранее подготовленную опалубку с установленной в ней арматурой.

Организация производственного процесса в монолитном строительстве имеет свои характерные черты, вызванные спецификой технологии и условиями выполнения работ. Здесь требуются точные расчеты, качественный материал и профессиональные кадры, способные грамотно организовать процесс на каждом этапе.

1. Специализация подразделений
2. Постоянный мониторинг и контроль качества
3. Организация временного снабжения
4. Совмещение смежных работ
5. Безопасность и охрана труда
6. Корректировка плана при изменении обстоятельств.

Некоторые ученые, которые исследовали производственный процесс монолитного строительства предлагали различные варианты комплексного подхода к оптимизации производственного процесса монолитного строительства, к примеру:

Адамцевич Алексей Олегович, Пустовгар Андрей Петрович в своей научной статье делают вывод о том, что повышение эффективности организации производства в монолитном строительстве может быть достигнуто при развитии методов адаптивного управления.

Канаков Илья Дмитриевич, Новиков Михаил Юрьевич, Кислякова Юлия Геннадьевна анализируют применение технологии каркасно-монолитного строительства и делают выводы о том, что аа сегодняшний день монолитная технология строительства является самой популярной среди отечественных застройщиков и имеет далеко идущие перспективы

Таблица 1. Основные факторы влияния

№ п/п	Наименование факторов	Кол-во голосов
1	Квалификация и опыт сотрудников	25
2	Финансирование (наличие авансового платежа)	19
3	Своевременная поставка материалов	18
4	Наличие собственных средств компании	17
5	Использование средств механизации и автоматизации	15
6	Вид и организация опалубочной систем	13
7	Технология армирования	13
8	Технология бетонирования	13
9	Качество применяемых материалов	13
10	Наличие смежных подрядных организаций	13
11	Наличие дополнительных работ	12
12	Условия обеспечения строительства мат. ресурсами	12
13	Проработка рабочей документации	11
14	Надежность поставщиков	11
15	Вид строительства	10
16	Система контроля качества	10

Таблица 2. Перечень альтернатив на примере фактора - Квалификация сотрудников

Наименование фактора	Альтернативы, возможные варианты определения фактора	Оценочный балл
Квалификация сотрудников	У ИТР отсутствует опыт реализации аналогичных проектов и ИТР имеет среднее техническое образование	0,25
	ИТР имеют единичный опыт сдачи аналогичных объектов и высшее техническое образование. На объекте отсутствует внутренний строительный контроль.	0,5
	ИТР имеют опыт реализации аналогичных проектов и высшее строительное образование. На объекте присутствует внутренний строительный контроль.	0,75
	ИТР имеют высшее строительное образование, ученую степень кандидата технических наук и опыт работы более 3-х лет на подобных объектах	1

Рис. 1. Методика оптимизации производственного процесса монолитного строительства

развития благодаря меньшей стоимости строительства по сравнению с другими конструктивными вариантами. Однако, данная конструктивная система до сих пор имеет ряд существенных проблем, основные из которых связаны с организацией и управлением.

Таким образом, многие, уже проведенные исследования подтверждают актуальность темы оптимизации производственного процесса монолитного строительства.

В рамках исследования были определены основные критерии оценки производствен-

Таблица 3. Сравнение двух объектов.

	Комфортная, 19	Комфортная, 18	Дельта
Уровень брака, %	5,5	3	2,5%
Производительность, м3/день	74	84,0	13,5%
Продолжительность строительства, дней	613	582	5%
Стоимость строительства, млн руб.	575,0	552,0	4%

ного процесса монолитного строительства временные (оптимизация по срокам) и экономические (оптимизация по стоимости).

Также, посредством экспертного опроса были определены основные факторы, влияющие на эти критерии. Экспертам требовалось назвать 10 факторов, которые по их опыту оказывают основное влияние. Результаты опроса см. табл.1.

Количество экспертов составило 30 человек. Все эксперты относились к инженерным работникам, разных направлений монолитного строительства.

Проведенный опрос подтвердил выводы научных исследований - в настоящее время квалификация персонала играет основную роль.

Результаты проведенного анализа скомпонованы в общую таблицу (пример фактора - Квалификация сотрудников см. табл. 2.), в которой указаны факторы и уровни возможного состояния полученных факторов.

Далее, необходимо сформулировать методику и применить ее для реальной организации (рис. 1).

Для внедрения методики было выбрано монолитное жилое здание жилого комплекса «Комфорт парк» по адресу г. Калуга, ул. Комфортная, 18. Сравнение произведено с идентичным зданием того же комплекса, введенное в эксплуатацию ранее (ул. Комфортная, 19).

В рамках анализа объектов организации и применения методики было определено, что основной фактор, низкий уровень которого влияет на сроки и стоимость объектов - недостаточный уровень квалификации сотрудников. После введения кадровых изменений полученный общий результат внедрения методики представлен в таблице 3.

Таким образом, в России монолитное строительство набирает обороты и доходит до уровня его развития в передовых технологических странах.

Монолитное строительство – ключ к возведению современных высотных зданий. Уникальная технология позволяет с минимальными затратами времени возводить надежные многоэтажные (14-22 этажа) жилые комплексы с разнообразным внешним видом [2].

Основным его недостатком является низкий уровень квалификации сотрудников.

Внедренная методика принесла положительные результаты и позволила сократить продолжительность строительства на 5%, а стоимость - на 4%.

Литература

1. Амбарцумян, С.А. Нормы выполнения опалубочных работ при скоростном монолитном домостроении / С.А. Амбарцумян, А.С. Мартиросян, А.В. Галумян // Industrial and Civil Engineering. – 2009. – № 2. – С. 39–41.

2. Забелина, О.Б. Выбор эффективного метода зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций / О.Б. Забелина, Д.В. Леонов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 6(129). – С. 67–70.

3. Забелина, О.Б. Совершенствование процессов зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций / О.Б. Забелина, Д.В. Леонов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2019. – № 11(122). – С. 10–14.

4. Забелина, О.Б. Сравнительный анализ методов прогрева бетонных смесей / О.Б. Забелина, А.А. Остапчук // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 12(102). – С. 25–30

5. Ищенко, А.В. Оптимизация строительного производства за счет модернизации конструктивных решений и методов возведения зданий / А.В. Ищенко, Е.В. Скрыльник // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5(89). – С. 731–739.

6. Лапидус, А.А. Исследование методов принятия организационно-технических решений в строительстве на основе методов искусственного интеллекта / А.А. Лапидус // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2024. – № 9. – С. 17–23.

References

1. Ambarcumyan, S.A. Normy vypolneniya opalubochnyh rabot pri skorostnom monolitnom domostroenii / S.A. Ambarcumyan, A.S. Martirosyan, A.V. Galumyan // Industrial and Civil Engineering. – 2009. – № 2. – S. 39–41.

2. Zabelina, O.B. Vybor effektivnogo metoda zimnego betonirovaniya monolitnyh stroitel'nyh konstrukcij / O.B. Zabelina, D.V. Leonov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 6(129). – S. 67–70.

3. Zabelina, O.B. Sovershenstvovanie processov zimnego betonirovaniya monolitnyh stroitel'nyh konstrukcij / O.B. Zabelina, D.V. Leonov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2019. – № 11(122). – S. 10–14.

4. Zabelina, O.B. Sravnitel'nyj analiz metodov progreva betonnyh smesej / O.B. Zabelina, A.A. Ostapchuk // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 12(102). – S. 25–30

5. Ishchenko, A.V. Optimizaciya stroitel'nogo proizvodstva za schet modernizacii konstruktivnyh reshenij i metodov vozvedeniya zdanij / A.V. Ishchenko, E.V. Skryl'nik // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2022. – № 5(89). – S. 731–739.

6. Lapidus, A.A. Issledovanie metodov prinyatiya organizacionno-tekhnicheskih reshenij v stroitel'stve na osnove metodov iskusstvennogo intellekta / A.A. Lapidus // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 9. – S. 17–23.

Optimization of the Production Process of Monolithic Construction

O.B. Zabelina, D.R. Vokuev

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

Key words and phrases: monolithic construction, optimization, production process.

Abstract. The relevance of this topic stems from the fact that the current need to construct

buildings for various functional purposes, requiring unique architectural and structural solutions, has led to a shift in the construction industry's priority in recent decades toward the use of monolithic construction technology.

This article examines the optimization of the monolithic construction production process and the research conducted into its optimization methods.

The purpose of the study is to optimize the monolithic construction production process.

Research objectives:

- Identify the organizational features of the monolithic construction production process;
- Analyze scientific research and relevant literature;
- Identify criteria and analyze factors for optimizing the monolithic construction production process;
- Develop a methodological approach to optimizing the monolithic construction process;
- Evaluate the effectiveness of the decisions made.

The object of the study is the monolithic construction production process.

The subject of the study is the optimization of the monolithic construction production process.

Research methods: systems analysis and expert assessment. The study discussed in this article analyzes the current topic of optimization of the production process of monolithic construction and develops an optimization methodology.

УДК 69.055

Разработка современных организационно-технологических решений при строительстве в стесненных городских условиях

О.Б. Забелина, И.О. Киселев

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

Ключевые слова и фразы: организационно-технологическая система, строительство, стесненные условия, организационно-технологические решения, жилая застройка.

Аннотация. Актуальность выбранной темы исследования обусловлена возросшим объемом жилищного строительства в городах, реновацией и уплотнением сложившейся застройки. Цель работы состоит в разработке подходов к определению оптимальных организационно-технологических решений для строительства жилых зданий в условиях ограниченного пространства исторических городских кварталов. Объект исследования - строительство зданий в условиях плотной городской застройки. Предметом исследования являются методы и критерии оптимизации организационно-технологических решений при строительстве жилых зданий в стесненных условиях. В работе используются такие методы исследования, как: исследование научной литературы, анализ полученных данных, графоаналитический метод, экспертный опрос. По результатам исследования экономическая эффективность строительства в стесненных условиях увеличилась, за счет снижения себестоимости работ на 10–14 %.

Организация и технология строительства жилых зданий в ограниченных условиях отличается от методов строительства на новых площадках из-за близости к существующим объектам и инженерным сетям. Это оказывает воздействие на выбор способов ведения работ и мощных машин, а также усложняет схемы поставки ресурсов [1]. Опыт, систематизированный в работах В.К. Соколова, К.А. Шрейбера, Э.Д. Бубеса и других ученых [2], а также приобретенный в результате практической работы на жилых объектах, позволил выделить ряд негативно влияющих на строительные работы условий – организационно-технологических факторов. К ним относятся: стесненность; неоднородность конструкций; объем заменяемых конструкций; этажность зданий; геометрическая форма зданий; историко-культурная ценность зданий; санитарно-гигиеническая зависимость.

Предложенная гипотеза предполагает наличие возможности оптимального сочетания элементов строительного производства и способов возведения жилых домов в стесненных условиях с учетом особенностей временной строительной инфраструктуры. Предполагается, что за счет уравновешивания различных факторов, влияющих на издержки (сроки строительства, методы выполнения работ, механизация, применение новых материалов и т.п.), удастся обеспечить соблюдение договорных условий и минимизировать затраты строительного производства. Организационно-технологические условия строительства жилых зданий в ограниченных условиях основывается на таких характеристиках, как: внутренние параметры и форма зданий, которые можно разделить на обычные, угловые, П-образные, замкнутые, составные, точечные, Т-образные и сложные; сочетание внешних условий и застройки объекта: пристройки, встроенные конструкции, соединяющие и объемлющие элементы; показатели стесненности строительной площадки, включая наличие наземных и подземных инженерных систем, зеленых насаждений; наличие линейных коммуникаций; плотность и узость проездов различных типов дорог; ограничения для вертикального транспорта; малые площади для организации временных складов и площадок для сборки [3].

В данном исследовании ставится задача разработки методологических принципов и основ оценки и прогнозирования затрат в строительстве в зависимости от изменения коэффициента стесненности строительной площадки. Это включает также создание организационно-технологических параметров строительных процессов, которые могут снизить затраты. Все виды расходов разделяются на две категории: первая категория затрат изменяется в зависимости от времени, необходимого для возведения жилых зданий с учетом стесненных условий; вторая категория выделяется для анализа их связи с изменением коэффициента стесненности строительной площадки. Учет взаимосвязей между затратами на строительство, сроками возведения зданий и уровнем стесненности площадки поможет определить оптимальную область для минимизации расходов [4].

Оценка значимости организационно-технологических факторов, влияющих на изменение затрат в строительстве, осуществляется с помощью экспертного метода (рис. 1), который включает три этапа: на первом этапе выявляются и систематизируются все возможные факторы производства; на втором этапе формируются и оцениваются экспертные группы, учитывая их специализацию, направленность и обоснованность выводов; на третьем этапе проходит опрос экспертов, обрабатываются статистические данные оценок; анализируется общее мнение экспертов, определяются отклонения и средние значения, на основе которых формируется шумовое поле (по весомым факторам, не превышающим допустимый уровень ошибок).

В результате выделены две группы факторов, которые существенно влияют на изменения расходов в строительстве при возведении жилых зданий в ограниченных условиях:

I группа: факторы, которые влияют на перераспределение расходов, меняющиеся в зависимости от времени строительства жилого здания;

II группа: факторы, определяющие расходы под воздействием организационно-технологических аспектов строительной деятельности.

На основе экспертного анализа для последующего исследования остаются следующие факторы: накладные расходы, зависящие от количества рабочих $Z3$; уровень незавершенного производства $Z2$; накладные расходы, которые зависят от срока строительства $Z1$; система премиального вознаграждения $Z4$; возведение и содержание временных строений $Z5$; изменение коэффициента сложных условий $Z6$; сохранение конструкций, изделий и строительных материалов $Z10$; факторы $Z8$, $Z7$, $Z9$, которые по своей значимости

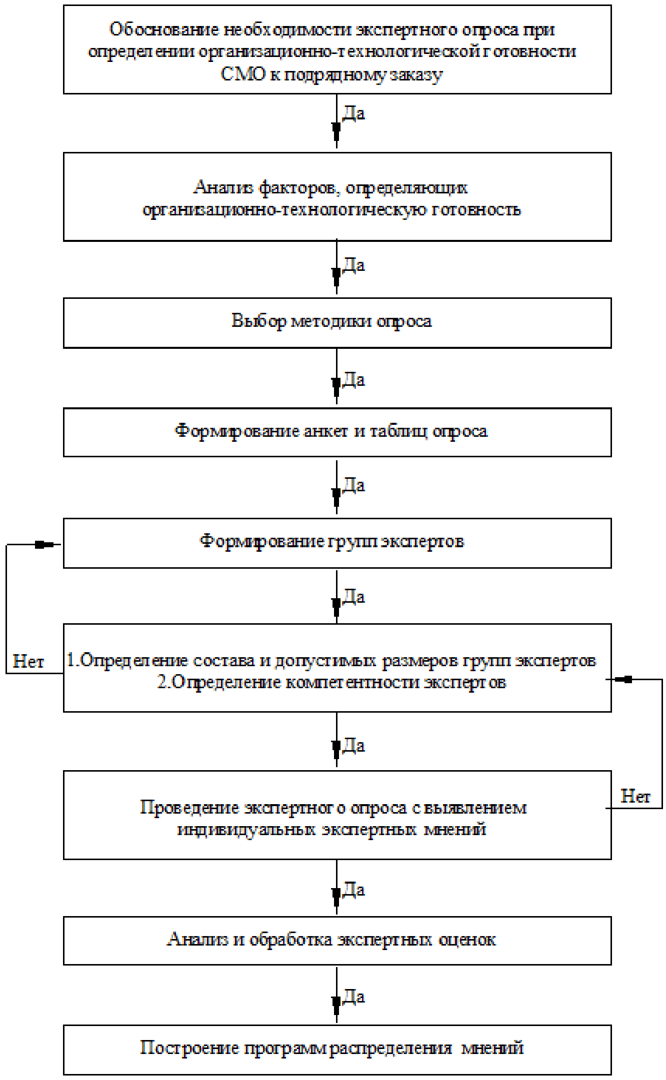

Рис. 1. Схема проведения экспертного опроса

(менее 3–4 %) находятся в пределах точности расчета и поэтому были исключены как шум (рис. 2).

Сбор и анализ статистических данных, которые описывают изменения в расходах, когда возводят жилые дома, позволяет с достоверностью P = 0,93 создать модели зависимости, показывающие затраты, которые зависят от коэффициента ограниченности стройплощадки и времени строительства объектов [5]. Установлено, что применение графоаналитических методов оптимизации способствует снижению расходов строительного производства при оптимизации времени возведения зданий в ограниченных условиях стройплощадки (для различных типов зданий) на 3,5 до 20 %, а при оптимизации организационно-технологических параметров – на 8–17 % (рис. 3).

Для принятия обоснованных организационно-технологических параметров производства был использован графоаналитический метод. Он позволяет создавать трехмерные модели и объединять решения двух плоских задач для нахождения областей с минимальными расходами в производстве. Рассматриваются два возможных варианта строительства жилых зданий в ограниченных условиях (вариант 1 – традиционный; вариант 2 – с

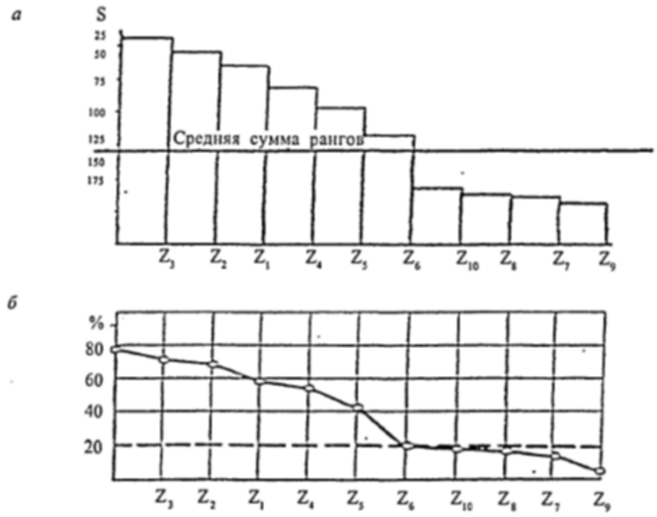

Рис. 2. Ранжирование основных технико-экономических факторов:
а – средняя априорная диаграмма рангов; б – ранжирование эффектов

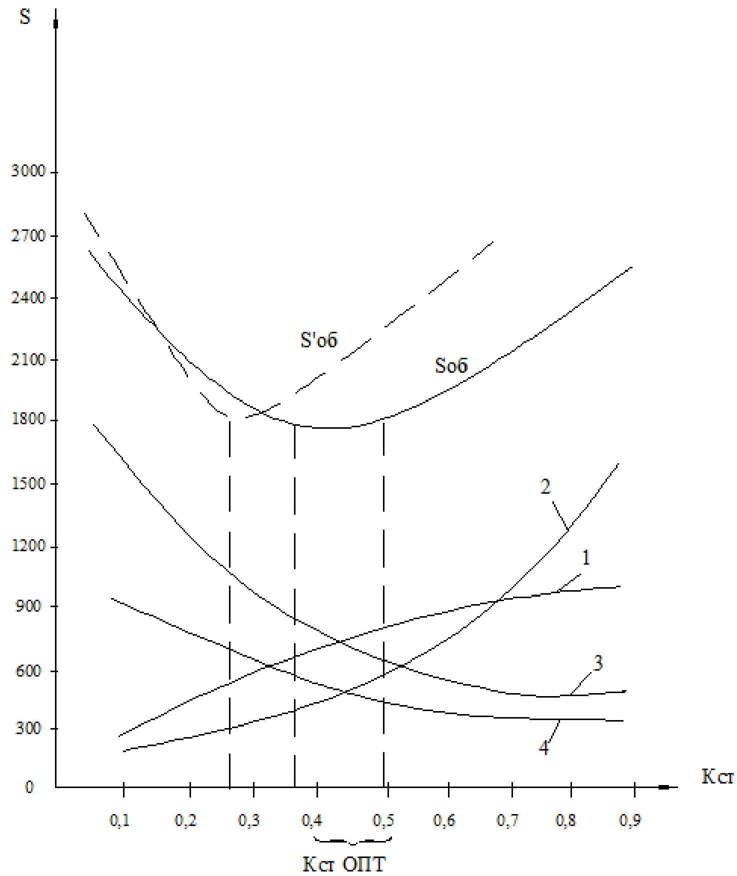

Рис. 3. Графическая модель определения оптимального значения коэффициента стесненности (Кст) с учетом организационно-технических издержек строительного производства (S):
1 – трудоемкость СМР; 2 – аренда земли; 3 – горизонтальный транспорт;
4 – вертикальный транспорт

изменением конструктивных решений и методов их возведения), графоаналитический метод на этапе подготовки строительства помогает определить и предсказать области оптимальных параметров и минимальных затрат строительных процессов. Таким образом, при проектировании строительного производства, устанавливая оптимальные значения времени возведения зданий и уровня ограниченности стройплощадки, можно достичь снижения себестоимости продукции (по сравнению с неэффективными значениями) в 1,4 – 1,91 раза.

Выводы. В результате оптимизации организационно-технологических решений значительно сократилась трудоемкость при работах, связанных с установкой опалубки на 33%, ее демонтажом на 32%, армированием на 23,1% и бетонированием на 35%. Сравнение эффективности гибких технологий строительства жилых домов в условиях ограниченной инфраструктуры с традиционными методами [6] показало, что себестоимость строительных работ снизилась: за счет внедрения гибких организационно-технологических решений на 7–10%; благодаря сокращению времени строительства объектов на 2–5%. В итоге общая экономическая эффективность составила снижение себестоимости работ на 10–14%. Это свидетельствует о том, что выбранный подход к строительству жилых домов в условиях комплексной реконструкции исторической застройки городских районов имеет высокий потенциал.

Литература

1. Агеева, Я.Д. Планирование системы снабжения строительства в стесненных условиях методом динамического программирования / Я.Д. Агеева, Ю.А. Чиркунов, А.А. Лапидус // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19. – № 12. – С. 2001–2013.
2. Шрейбер, А.К. Совершенствование производственно-технического и технологического обеспечения строительного производства / А.К. Шрейбер, Е.П. Мазов // Экономика строительства. – 2014. – № 1(25). – С. 16–21.
3. Бажин, П.В. Анализ методов строительства в стесненных условиях / П.В. Бажин // Студенческий вестник. – 2020. – № 11-2(109). – С. 88–90.
4. Забелина, О.Б. Системный подход к управлению ресурсами с целью предотвращения отклонений от графика СМР / О.Б. Забелина, К.А. Матевосян // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – С. 66–71
5. Тиникашвили, Э.А. Оценка значимости факторов стоимости строительства при возведении зданий в стесненных условиях / Э.А. Тиникашвили // Вестник современных исследований. – 2020. – № 2-2(32). – С. 45–47.
6. Забелина, О.Б. Совершенствование процессов зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций / О.Б. Забелина, Д.В. Леонов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2019. – № 11(122). – С. 10–14.

References

1. Ageeva, YA.D. Planirovanie sistemy snabzheniya stroitel’stva v stesnennyh usloviyah metodom dinamicheskogo programmirovaniya / YA.D. Ageeva, YU.A. CHirkunov, A.A. Lapidus // Vestnik MGSU. – 2024. – T. 19. – № 12. – S. 2001–2013.
2. SHrejber, A.K. Sovershenstvovanie proizvodstvenno-tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo obespecheniya stroitel’nogo proizvodstva / A.K. SHrejber, E.P. Mazov // Ekonomika stroitel’stva. – 2014. – № 1(25). – S. 16–21.

3. Bazhin, P.V. Analiz metodov stroitel'stva v stesnennyh usloviyah / P.V. Bazhin // Studencheskij vestnik. – 2020. – № 11-2(109). – S. 88–90.

4. Zabelina, O.B. Sistemnyj podhod k upravleniyu resursami s cel'yu predotvrashcheniya otklonenij ot grafika SMR / O.B. Zabelina, K.A. Matevosyan // Somponents of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – S. 66–71

5. Tinikashvili, E.A. Ocenka znachimosti faktorov stoimosti stroitel'stva pri vozvedenii zdanij v stesnennyh usloviyah / E.A. Tinikashvili // Vestnik sovremennyh issledovanij. – 2020. – № 2-2(32). – S. 45–47.

6. Zabelina, O.B. Sovershenstvovanie processov zimnego betonirovaniya monolitnyh stroitel'nyh konstrukcij / O.B. Zabelina, D.V. Leonov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2019. – № 11(122). – S. 10–14.

Development of Modern Organizational and Technological Solutions for Construction in Cramped Urban Conditions

O.B. Zabelina, I.O. Kiselev

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

Key words and phrases: organizational and technological system, construction, cramped conditions, organizational and technological solutions, residential development.

Abstract. The relevance of the chosen research topic is due to the increased volume of housing construction in cities, as well as the renovation and densification of existing buildings. The purpose of this work is to develop approaches for determining the optimal organizational and technological solutions for the construction of residential buildings in the limited space of historical city neighborhoods. The object of this research is the construction of buildings in dense urban environments. The relevance of the chosen research topic is due to the increased volume of housing construction in cities, as well as the renovation and densification of existing buildings. The purpose of this work is to develop approaches for determining the optimal organizational and technological solutions for the construction of residential buildings in the limited space of historical city neighborhoods. The object of research is the construction of buildings in dense urban areas. The subject of this research is the methods and criteria for optimizing organizational and technological solutions in the construction of residential buildings in confined spaces. The study uses the following research methods: scientific literature review, data analysis, graph-analytical method, and expert survey. According to the results of the study, the economic efficiency of construction in cramped conditions has increased due to a 10–14 % reduction in the cost of work.

УДК 504.064

Утилизация полиэтилена с использованием торфяного мха Sphagnum: экологичный подход к переработке пластиковых отходов

А.И. Галиева, Г.И. Галиева, В.Г. Дмитриев, О.И. Недельченко, Ф.А. Баязитов

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

Ключевые слова и фразы: утилизация отходов, пластиковые отходы, ПЭТ (полиэтилентерефталат), биоремедиация, мох Sphagnum (сфагнум), «Лак 13», разложение пластика, экологическая безопасность, переработка отходов, загрязнение окружающей среды, экологически безопасные методы, применение мха в строительстве, теплоизоляционные свойства, воздухоочищающие свойства, экономическая целесообразность, устойчивое развитие.

Аннотация. Проблема утилизации пластика глобальна: с середины XX века его производство выросло в 200 раз, к 2060 году ожидается выпуск до 1 млрд тонн в год. Перерабатывается менее 10 % отходов, ущерб – 1,5 трлн ежегодно. Цель исследования – оценить потенциал мха Sphagnum в биодеградации ПЭТ с составом «Лак 13». В 14 дневном эксперименте на ПЭТ наносили «Лак 13», размещали мох (300 г) и наблюдали за биодеградацией, применяя методы экспериментального воздействия, мониторинга, количественной оценки, анализа газов и сравнительного анализа. Результат: через 14 дней ПЭТ почти полностью колонизирован мхом (100 % покрытия), зафиксировано размягчение полимера (4 ± 0,5 из 5 баллов).

Введение

Проблема утилизации пластиковых отходов представляет собой один из наиболее серьезных экологических вызовов современности, приобретающий глобальный масштаб. Ее актуальность подтверждается растущими масштабами производства пластика, негативным влиянием на окружающую среду и здоровьем человека, а также недостаточными темпами внедрения эффективных решений. Современные международные публикации и исследования подчеркивают многогранность проблемы и необходимость комплексного подхода к ее решению.

Мировое производство пластмасс достигло исторически максимальных показателей, демонстрируя устойчивую тенденцию к экспоненциальному росту, что подтверждается систематическими данными отраслевой статистики и международных аналитических отчетов. С середины *XX* века выпуск пластика увеличился более чем в 200 раз, а к 2060 году прогнозируется рост до 1 млрд тонн в год [4, с. 109]. Около 8 млрд тонн пластика уже загрязняют Землю, при этом перерабатывается менее 10 % отходов. Пластиковое загрязнение наносит миру ущерб в $1,5 трлн ежегодно, включая последствия для здоровья, экосистем и экономики [9, с. 80; 13, с. 60]. Ведутся переговоры о глобальном договоре по ограничению производства пластика. В 2023 году доклад ЮНЕП предложил сократить загрязнение на 80% к 2040 году за счет перехода к экономике замкнутого цикла. По оценкам ЮНЕП, переход к экономике замкнутого цикла может сэкономить до $4,5 трлн к 2040 году за счет снижения социальных и экологических затрат. Однако для этого необходимы значительные инвестиции и политическая воля [11, с. 4].

Развитые страны (ЕС, Япония) внедряют системы глубокой сортировки, переработки и расширенной ответственности производителей. Например, в Германии действует «Федеральная программа по предотвращению отходов». А страны с низким и средним доходом сталкиваются с нехваткой инфраструктуры для сбора и утилизации отходов. По данным исследования Университета Лидса, Индия, Нигерия и Индонезия — крупнейшие источники пластикового загрязнения в абсолютных значениях. Россия также входит в число стран с высоким уровнем пластикового загрязнения. По некоторым оценкам, в стране низкий уровень контролируемой утилизации, а на душу населения производится от 7,8 до 16,17 кг пластиковых отходов в год [10, с. 12].

Таким образом, проблема утилизации отходов, особенно пластиковых, остается актуальной для мировой общественности. Ее решение требует комплексного подхода, включающего сокращение производства, развитие переработки, международное сотрудничество и формирование экологической культуры. Без срочных мер, масштабы загрязнения будут только расти, что усугубит экологические, экономические и социальные проблемы.

В рамках экспериментального исследования мы изучили мох сфагнум и его взаимодействие с полиэтилентерефталатом (ПЭТ). *Sphagnum* (сфагнум) — это род мхов, обитающих на верховых и переходных болотах он не имеет настоящих корней, как высшие растения. Влагу впитывает всей своей поверхностью [1, с. 8]. Эти растения участвуют в образовании верхового торфа. *Sphagnum* имеет два поколения в жизненном цикле, где доминирует гаметофит. Мхи этого рода впитывают воду всем телом и обладают особыми водозапасающими клетками, которые окружены зелеными фотосинтезирующими клетками [3, с. 248], [4, с. 58]. *Sphagnum* также содержит фенол, обладающий антисептическими свойствами, благодаря чему мхи почти не гниют и образуют торф [2, с. 22].

Обоснование выбора объектов исследования

Образцы мха *Sphagnum* были отобраны в непосредственной близости от родника; их высокая водонасыщенность подтверждалась характерными структурными особенностями растительного материала [10, с. 63]. В состав «Лака 13» входили два натуральных масла и водный раствор хлоргексидинабиглюконата (0,05 %). В рамках экспериментального исследования на поверхность полиэтиленового пакета методом распыления было нанесено лакокрасочное покрытие «Лак 13». После завершения процесса нанесения покрытия на обработанную поверхность были размещены образцы мха *Sphagnum* общей массой 300 г.

Таблица 1. Рост мха на полиэтилене при варьируемых условиях содержания

День	Описание
1	В первый день эксперимента на поверхность полиэтилена был нанесен слой лака, после чего материал разместили на ровной горизонтальной плоскости. Затем на обработанную поверхность поместили мох, аккуратно расправив его для равномерного покрытия всей площади. Для поддержания оптимальной влажности, необходимой для роста и развития мха, его регулярно поливали водой. Экспериментальный образец разместили в месте с умеренной освещенностью – такой уровень света обеспечивал достаточные условия для фотосинтеза и был приближен к естественным условиям лесного полога. Температура воздуха +20º
2	Условия содержания остаются прежними. Конкретных изменений не наблюдается
3	Условия содержания остаются прежними. На третий день в некоторых частях мох начал прорастать и покрывать поверхность полиэтилена
4	Условия содержания остаются прежними. Происходит произрастание мха на полиэтилене. Увеличение массы на 0,5 %
5	Условия содержания экспериментальных образцов оставались неизменными на протяжении всего периода наблюдения. На пятый день эксперимента были зафиксированы визуальные изменения морфологических характеристик мха. В отдельных участках наблюдалось: потемнение исходной зеленой окраски (оттенки зеленого стали существенно более темными); изменение текстуры — мох приобрел более жесткую консистенцию; усиление адгезии к поверхности полиэтилентерефталата: в ряде зон отмечено увеличение прироста биомассы, плотно прилегающей к полимерному субстрату
6	В ходе эксперимента условия содержания были изменены: температура воздуха снижена до -15 º; орошение водой прекращено; поверх мха помещен слой снега. В результате данных изменений отмечено активное произрастание мха на поверхности полиэтилена: примерно 80 % биомассы сформировало устойчивые контакты с полимерным субстратом. Анализ факторов, повлиявших на рост мха, позволил установить, что ключевую роль сыграли: снижение уровня влажности окружающей среды; понижение температуры до -15 º. Совокупность указанных условий создала благоприятную среду для колонизации мхом искусственной поверхности (полиэтилена)
7	Условия содержания остаются прежними. Увеличивается прирост к полиэтилену
8	Условия содержания остаются прежними. Увеличивается прирост к полиэтилену и разрастание мха
9	Условия содержания экспериментальных образцов оставались неизменными на протяжении наблюдаемого периода. В ходе эксперимента мох достиг фазы биологической зрелости. В результате морфо-физиологических изменений он приобрел повышенную механическую прочность и устойчивость к внешним воздействиям. На текущем этапе полиэтилен полностью покрыт сплошным зеленым покровом мха. Визуально субстрат утратил первоначальные характеристики полимерного материала и имитирует естественный растительный покров, создавая эффект интеграции в биологическую среду. Дополнительно отмечено изменение оптико-физических свойств поверхности полиэтилена: материал приобрел более темную окраску, что, вероятно, обусловлено как экранирующим действием мохового покрова, так и возможными процессами поверхностной модификации полимера под влиянием биотических факторов
10	В ходе эксперимента были изменены условия содержания образцов: прекращена подача воды; температура окружающей среды снижена до -10 º. При визуальном осмотре выявлены морфологические изменения субстрата: участки полиэтилентерефталата, остающиеся незакрытыми моховым покровом по периферии образца, продемонстрировали снижение механической жесткости. Материал приобрел более мягкую консистенцию по сравнению с исходным состоянием
11	Условия содержания образцов остаются неизменными. Наблюдается постепенное увеличение площади покрытия поверхности полиэтилентерефталата моховым покровом.
12	Условия содержания образцов остаются неизменными. Наблюдается постепенное увеличение площади покрытия поверхности полиэтилентерефталата моховым покровом

Таблица 1. Рост мха на полиэтилене при варьируемых условиях содержания *(продолжение)*

День	Описание
13	Поверхность полиэтилентерефталата практически полностью колонизирована моховым покровом. На периферийных участках сохраняются незначительные незакрытые фрагменты полимерного субстрата. При детальном осмотре выявлены активно развивающиеся ризоиды, характеризующиеся повышенной механической прочностью. На их поверхности наблюдаются округлые структуры белого цвета, предположительно представляющие собой специализированные образования (например, выводковые тельца или структуры, связанные с репродуктивной функцией)
14	В ходе исследования было проведено взвешивание образца мха, которое показало увеличение его массы на 19 % – 357 г. При контакте с открытыми участками кожи мох вызывает локальное раздражение, клинически сходное с ожогом от крапивы. Продолжительность клинических проявлений составляет в среднем 3 суток с момента контакта

Таблица 2. Количественные показатели биодеградации ПЭТ

Параметр	День 4	День 6	День 9	День 14
Прирост биомассы мха (%)	+0,5 ± 0,1	+8,2 ± 0,8	+15,3 ± 1,2	+19 ± 2
Покрытие ПЭТ мхом (%)	10 ± 2	80 ± 5	100	100 (с остаточными фрагментами)
Размягчение ПЭТ (баллы, 0–5)	0	1 ± 0,2	3 ± 0,4	4 ± 0,5

На третьи сутки эксперимента зафиксировано наличие признаков вегетации мха на полиэтилентерефталате – одном из наиболее распространенных типов синтетических полимерных материалов [8, с. 72; 12, с. 247]. В последующей серии опытов образцы полиэтилентерефталата помещались в пластиковые контейнеры, содержащие мох *Sphagnum*. В течение 14 дневного периода осуществлялся мониторинг процессов биодеградации материала с регулярной фиксацией морфологических и физиологических изменений исследуемых образцов.

Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение. Для сравнения групп применялся *t* тест ($p < 0,05$). Расчеты выполнены в программном обеспечении *R* 4.3.1. В текущем виде исследование дает качественную картину процесса и отдельные количественные ориентиры, однако его методология ограничена описательным подходом: фиксируются визуальные изменения (прорастание мха, изменение цвета и текстуры, появление наростов), а также точечные числовые показатели (прирост массы мха на 0,5 % к 4-му дню и на 19 % к 14-му дню, оценка покрытия пластика мхом до 80 % на 6-й день).

Таким образом, работа выполняет функцию первичного описания феномена — демонстрирует принципиальную возможность взаимодействия мха *Sphagnum* с ПЭТ в присутствии состава «Лак 13», но не позволяет делать статистически обоснованные выводы о скорости, механизмах или универсальности процесса разложения пластика. Для перехода от качественных наблюдений к количественным закономерностям требуется расширение экспериментальной базы и применение методов статистического анализа.

Результаты и обсуждения

Результаты показали, что через 14 дней ПЭТ был почти полностью разложен, а масса мха увеличилась на 19 % (табл. 1, 2). Отмечено, что мох становится жестче по структуре, а на ризоидах (нитевидных образованиях для прикрепления к субстрату и поглощения из него воды и питательных веществ) появляются круглые наросты. Также был проведен анализ газов, выделяемых при разложении, и установлено, что процесс протекает без выделения метана или углекислого газа. Полученные в ходе эксперимента данные согласуются с общим вектором современных биотехнологических исследований в области утилизации пластика. В мировой практике активно изучаются биологические агенты (бактерии, грибы, лишайники), способные разлагать синтетические полимеры. Наше исследование расширяет спектр потенциальных биодеструкторов, впервые демонстрируя способность мха *Sphagnum* взаимодействовать с полиэтилентерефталатом в присутствии модифицирующего состава «Лак 13».

Отметим ключевые параллели с мировыми работами. Так отсутствие выделения метана и CO_2 соответствует тенденциям «зеленой» биодеградации: аналогичные результаты получены при использовании грибковых штаммов (например, *Aspergillustubingensis*), где также фиксировали минимальное газообразование [14, с. 4627]. Постепенное разложение ПЭТ (до почти полного исчезновения за 14 дней) сопоставимо с показателями бактериальных систем (например, *Ideonellasakaiensis*), хотя скорость процесса зависит от предварительной обработки полимера [15, с. 1196]. Также морфологическая адаптация мха (уплотнение структуры, формирование наростов на ризоидах) напоминает реакции других биоагентов при контакте с токсичными субстратами, что указывает на универсальный механизм стрессового ответа [3, с. 158; 4, с. 4]. В отличие от большинства зарубежных исследований, фокусирующихся на микроорганизмах, наша работа предлагает альтернативный макроскопический подход с использованием высших споровых растений. Это открывает возможности для полевых применений (например, биоремедиация свалок) без необходимости сложного лабораторного культивирования.

Заключение

Исследование демонстрирует потенциал мха *Sphagnum* для биодеградации ПЭТ — это перспективный экологически безопасный метод утилизации пластика, превосходящий традиционные способы (сжигание, захоронение). Полученные данные подтверждают гипотезу о возможности биодеградации ПЭТ растительными организмами и открывают пути для создания экологически безопасных технологий очистки окружающей среды [14, *с*. 12].

Мох перспективен в строительстве: он обладает теплоизоляционными свойствами, регулирует микроклимат, поглощает воду и вредные вещества из воздуха, что снижает энергопотребление зданий и улучшает качество внутренней среды. Его можно добавлять в блоки, панели, утеплители и краски, повышая экологичность и энергоэффективность материалов. Однако перед применением мох нужно просушить и обработать антисептиками для защиты от гниения и плесени. Для массового внедрения метода требуются дополнительные исследования его эффективности и экономической целесообразности. Для перехода от лабораторного эксперимента к практическому применению необходимо устранить выявленные ограничения и провести углубленные междисциплинарные исследования.

Литература

1. Воронцов, Н.Н. Эволюция органического мира : учебное пособие / Н.Н. Воронцов, Л.Н. Сухорукова. – М. : Просвещение, 1991. – 223 с.

2. Гарибова, Л.В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л.В. Гарибова. – М., 1991. – 386 с.

3. Daróczy, S. Radionuclide Content in Mosses as Bioindicators of Atmospheric Pollution / S. Daróczy, et al. // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 72. – P. 241–250.

4. Goldberg, I. The Saxicolous Moss Flora of the Middle Urals / I. Goldberg // Arctoa. – 2002. – Vol. 11. – P. 55–64.

5. Hoffman, J. Accumulation of Radionuclides in Bryophytes: A Review / J. Hoffman // The Lichenologist. – 1972. – Vol. 4. – No. 2. – P. 157–170.

6. Ignatov, M.S. The Families Cryphaeaceae, Leucodontaceae and Leptodontaceae (Musci) in Russia / M.S. Ignatov, V.Ya. Cherdantseva // Arctoa. – 1995. – Vol. 4. – P. 3–20.

7. Kan, S. Biodegradation of Polyethylene by the Fungal Strain Aspergillus tubingensis / S. Kan, et al. // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. – No. 5. – P. 4627–4638.

8. Материалы VI Международного симпозиума «Биология сфагновых мхов», Санкт-Петербург; Ханты Мансийск, 28 июля – 11 августа 2020 г. / отв. ред. проф., д.б.н. Е.Д. Лапшина, к.б.н. О.В. Галанина. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2020. – 74 с.

9. United Nations Environment Programme (UNEP). Single Use Plastics: A Roadmap for Sustainability / UNEP. – Nairobi : UNEP, 2018. – 112 p.

10. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Загрязнение пластиком [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://news.un.org/ru/story/2023/05/1441092.

11. Решение проблемы загрязнения пластмассовыми изделиями одноразового пользования : доклад эксперта ЮНЕП (Программы ООН по окружающей среде), 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://kbsu.ru/wp-content/uploads/2020/02/doklad-jeksperta-junep.pdf?ysclid=mlhs4lczsd668876881.

12. Савич-Любицкая, Л.И. Флора споровых растений СССР. Листостебельные мхи. Т. 1 : Сфагновые (торфяные) мхи / Л.И. Савич-Любицкая ; Академия наук СССР, Ботанический институт им. В.Л. Комарова. – Ленинград, 1952. – С. 242–248.

13. ЮНЕП отвечает на 10 вопросов о пластиковом загрязнении // Новости ООН. – 2025. – 13 мая [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://news.un.org/ru/story/2025/05/1464046.

14. ЮНЕП. Пластиковое загрязнение // UNEP – Программа ООН по окружающей среде [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.unep.org/ru/plastikovoe-zagryaznenie.

15. Yoshida, S. A Bacterium That Degrades and Assimilates Poly(ethylene Terephthalate) / S. Yoshida, et al. // Science. – 2016. – Vol. 351 – No. 6278. – P. 1196–1199.

References

1. Voroncov, N.N. Evolyuciya organicheskogo mira : uchebnoe posobie / N.N. Voroncov, L.N. Suhorukova. – M. : Prosveshchenie, 1991. – 223 s.

2. Garibova, L.V. Vodorosli, lishajniki i mohoobraznye SSSR / L.V. Garibova. – M., 1991. – 386 s.

8. Materialy VI Mezhdunarodnogo simpoziuma «Biologiya sfagnovyh mhov», Sankt-Peterburg; Hanty Mansijsk, 28 iyulya – 11 avgusta 2020 g. / otv. red. prof., d.b.n. E.D. Lapshina, k.b.n. O.V. Galanina. – Tomsk : Izdatel'skij dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2020. – 74 s.

10. Programma OON po okruzhayushchej srede (YUNEP). Zagryaznenie plastikom

[Electronic resource]. – Access mode : https://news.un.org/ru/story/2023/05/1441092.

11. Reshenie problemy zagryazneniya plastmassovymi izdeliyami odnorazovogo pol'zovaniya : doklad eksperta YUNEP (Programmy OON po okruzhayushchej srede), 2020 [Electronic resource]. – Access mode : https://kbsu.ru/wp-content/uploads/2020/02/doklad-jeksperta-junep.pdf?ysclid=mlhs4lczsd668876881.

12. Savich-Lyubickaya, L.I. Flora sporovyh rastenij SSSR. Listostebel'nye mhi. T. 1 : Sfagnovye (torfyanye) mhi / L.I. Savich-Lyubickaya ; Akademiya nauk SSSR, Botanicheskij institut im. V.L. Komarova. – Leningrad, 1952. – S. 242–248.

13. YUNEP otvechaet na 10 voprosov o plastikovom zagryaznenii // Novosti OON. – 2025. – 13 maya [Electronic resource]. – Access mode : https://news.un.org/ru/story/2025/05/1464046.

14. YUNEP. Plastikovoe zagryaznenie // UNEP – Programma OON po okruzhayushchej srede [Electronic resource]. – Access mode : https://www.unep.org/ru/plastikovoe-zagryaznenie.

Recycling Polyethylene Using Sphagnum Peat Moss: A Sustainable Approach to Plastic Waste Management

A.I. Galieva, G.I. Galieva, V.G. Dmitriev, O.I. Nedelchenko, F.A. Bayazitov

Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa (Russia)

Key words and phrases: waste disposal, plastic waste, PET (polyethylene terephthalate), bioremediation, Sphagnum moss (sphagnum), Varnish 13, plastic decomposition, environmental safety, waste processing, environmental pollution, environmentally friendly methods, application of moss in construction, thermal insulation properties, air cleaning properties, economic feasibility, sustainable development.

Abstract. The problem of plastic waste management is global: since the mid 20th century, plastic production has increased 200 fold, and by 2060, output is expected to reach 1 billion tons per year. Less than 10 % of waste is recycled, and the annual damage amounts to $1.5 trillion. The aim of the study was to evaluate the potential of Sphagnum moss in biodegrading PET (polyethylene terephthalate) in combination with the composition “Lac 13”. In a 14 day experiment, “Lac 13” was applied to the PET surface, moss (300 g) was placed on it, and biodegradation was monitored using methods of experimental treatment, monitoring, quantitative assessment, gas analysis, and comparative analysis. The result: after 14 days, the PET was almost completely colonized by the moss (100 % coverage), and polymer softening was recorded (4 ± 0.5 out of 5 points).

УДК 504.5.1:614.7

Исследование концентраций и дисперсного состава мелкодисперсной пыли в воздушной среде парикмахерских студий

А.Д. Нефедов, Е.И. Шевцов, В.С. Симаков, В.Н. Азаров

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

Ключевые слова и фразы: исследование, загрязнение воздуха, мелкодисперсная пыль, измерения, запыления воздуха в парикмахерских, персональный мониторинг, удельная сдуваемость.

Аннотация. Задачей исследования является измерение концентраций твердых частиц пыли в парикмахерских и определение аэродинамических свойств данной пыли. Гипотезой данной работы было предположение, что «концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$ не превышают установленные нормы максимально разовой концентрации по действующим нормам во время стрижки машинкой и при уборке помещения феном». Методом данного исследования было проведение измерений сертифицированным прибором Handheld 3016, сравнение с существующими нормами ПДК, испытания пыли в аэродинамической трубе, а также обзор опубликованной литературы по данной теме. Во время стрижки и уборки помещения были выявлены превышения ПДК мелкодисперсной пыли в 1.33 и 1.2 раза; были получены эмпирические коэффициенты a и b степенной функции для определения удельной сдуваемости пыли.

Введение

В то время как выбросы пыли в атмосферу промышленных предприятий учитываются нормативными документами и расчетными методиками, выбросы от небольших предприятий часто игнорируются, не учитываются законодательно и не нормируются внутри самих профессиональных сообществ. Данная статья обращает внимание на важность личного мониторинга при защите от запыленного воздуха, представляет измеренные концентрации запыленного воздуха в парикмахерских, которые в общественном сознании не являются угрозой риска развития респираторных заболеваний. Целью статьи является обратить внимание на опасные уровни запыленности воздуха в помещениях парикмахерских и

Таблица 1. Усредненные значения проведенных измерений

Исследуемый процесс	PM_{10}, мкг/м^3	$PM_{2.5}$, мкг/м^3	T, °C	RH, %
Пыление снаружи парикмахерской с закрытой дверью	18	8	14	55
Пыление снаружи парикмахерской с открытой дверью	46	30	14	55
Фоновая концентрация внутри парикмахерской	28	11	23	36
Стрижка волос	400	50	22	31
Уборка волос феном	360	45	23	35

Таблица 2. Предельно допустимые концентрации согласно [1]

Загрязнитель	Предельно допустимые концентрации, мкг/м^3		
	Максимальная разовая	Среднесуточная	Среднегодовая
PM_{10}	300	60	40
$PM_{2.5}$	160	35	25

за их пределами, представить анализы дисперсного состава образцов пыли, отобранных в рабочей зоне, представить характеристики удельной сдуваемости пыли от волос, от которых зависит повторное попадание данной пыли во вдыхаемый воздух.

Исследование концентрации внутри и снаружи помещения парикмахерской

Проводилось исследование концентраций мелкой взвешенной в воздухе пыли при помощи оптического счетчика частиц – *Handheld* 3016. Мобильное устройство производит подсчет частиц одновременно по шести размерным диапазонам в интегральном и дифференциальном режимах, температуру и относительную влажность, а также имеет режим измерения массовой концентрации, выраженной в мкг/м^3. Контроль содержания твердых взвешенных частиц в воздухе производился с целью сравнения измеренных концентраций с их предельно допустимыми значениями.

В табл. 1 были занесены полученные результаты измерений. Значения предельно допустимой концентрации согласно [1] указаны в табл. 2.

При открытии входной двери в салон парикмахерской было зафиксировано увеличение концентрации PM_{10} с 18 до 46 мкг/м^3, что объясняется разницей температур между уличным и комнатным воздухом. С потоком воздуха из помещения выдувается некоторое количество мелкодисперсной пыли, которую удалось зафиксировать измерительным прибором. Данный эффект можно смягчить за счет установки буферной зоны на входе, в которой воздух будет смешиваться.

Определялась концентрация во время процесса стрижки: исследовался запыленный воздух, которым регулярно дышит исполнитель работ и клиенты. Из табл. 1 и 2 следует, что до начала работ фоновые концентрации пыли в воздухе были заметно ниже среднегодовой ПДК, но во время стрижки и уборки феном концентрации PM_{10} превысили ПДК в 1,33 и 1,2 раза соответственно. При этом $PM_{2.5}$ оставался в пределах максимально разовой ПДК. Из чего следует, что при стрижке волос образуется больше частиц PM_{10}, чем

$PM_{2.5}$. Частицы $PM_{2.5}$ чрезвычайно опасны так, как они способны проникать в легкие и в сердечно-сосудистую систему, а также оставаться во взвешенном состоянии неопределенно долгое время и переноситься на любые расстояния.

Измерения концентрации проводились в зоне стрижки, и полученные значения можно считать типичными для данных работ, то есть исполнитель работ, как и его клиенты, регулярно вдыхают такой воздух. Очевидно, превышение максимально разовой предельно допустимой концентрации твердых взвешенных частиц представляет собой проблему для условий труда и расценивается как риск здоровью.

Существующий способ уборки состриженных волос феном, который является регулярной необходимостью в парикмахерских, приводит к вторичному попаданию во вдыхаемый воздух мелкой пыли. Концентрации PM_{10} во время уборки с использованием фена составили порядка 360 мкг/м^3, а концентрации $PM_{2.5}$ — около 45 мкг/м^3 соответственно, что чуть ниже, чем во время стрижки, но сопоставимо с ней. Уборку феном предполагается исследовать более подробно в следующих исследованиях.

Интерес представляет экспериментальное выявление оптимального уровня влажности в помещении, при котором концентрации мелкой пыли будут снижены за счет намокания и последующего увеличения скорости оседания частиц пыли. Также требуется основательно исследовать вопрос вентиляции в парикмахерских, так как в реальности парикмахерские часто не оборудованы достаточно эффективной системой вентиляции, либо используют промышленную вентиляцию, которая производит неприемлемо высокие уровни шума и рассчитана на совершенно иные пылевые нагрузки и иные пылевые фракции.

Проведение микроскопии и анализа дисперсного состава пыли

Был установлен пылевой пробоотборник на высоте дыхания с целью изучения пыли рабочей зоны в микроскопе. Полученные частицы находились в диапазоне 0–100 мкм, где наибольшие из них были переставлены волосками. Доля PM_{10} составила 7 %, а доля $PM_{2.5}$ – 0,1 %. Это подтверждает, что при работе парикмахерских наблюдается образование мелкой пыли, которая активно оседает на поверхности и может попадать в дыхательные пути. Результаты дисперсного состава подтвердили, что масса частиц, достигших 10 мкм, значительно превышает массу частиц 2,5 мкм, то есть самых мелких частиц образуется сравнительно немного.

Дисперсный состав пыли является случайным процессом, поэтому каждая полученная кривая является реализацией некоторой случайной функции, и интерес представляет плотность вероятности полученного распределения. Для определения дисперсного состава использовалась версия программы *SPOTEXPLORER FA*, в которой есть возможность объединять в одну кривую множество фотографий микроскопии. Функция прохода, обозначенная красным цветом, является средней, а диапазон кривых представляет собой плотность вероятностей, которые может принимать случайная функция [2].

Образец состриженных волос был подвергнут микроскопии. На состриженных волосах были обнаружены частицы мелкой пыли, а сами срезанные волоски имели прямые и острые углы среза, как показано на рис. 2. В случае 2А волос при срезе имеет прямой угол, а в случае 2Б – острый угол. Угол среза определяется качеством оборудования, скоростью работы и умением исполнителя. Волос является довольно твердым материалом, поэтому при наличии острого конца может повреждать дыхательные пути и способствовать развитию астмы и бронхиальных заболеваний.

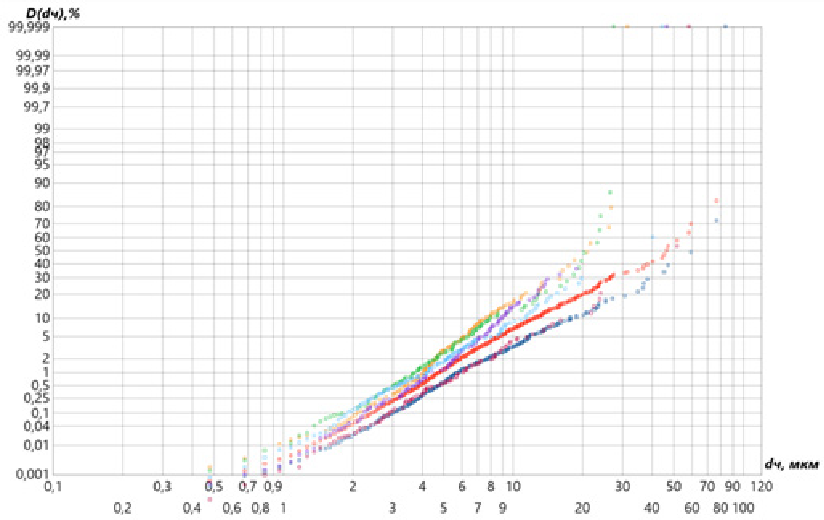

Рис. 1. Дисперсный состав пыли, отобранной в парикмахерской на высоте дыхания

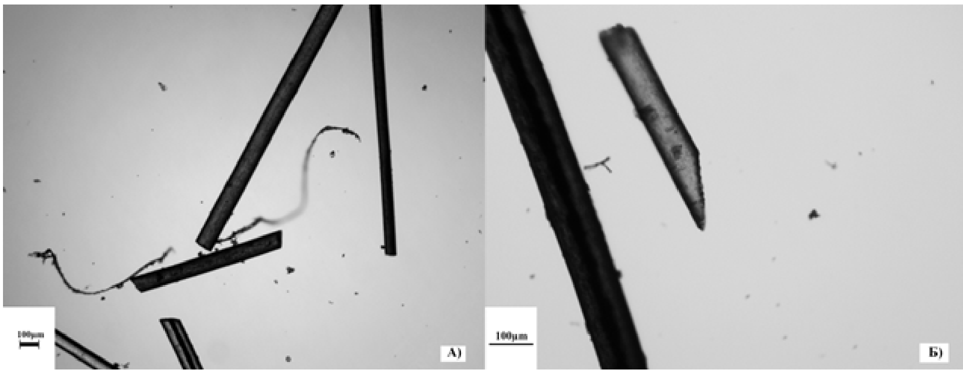

Рис. 2. Микроскопия срезанного машинкой волоса:
а – прямой угол среза; б – острый угол среза

Испытания исследуемой пыли от стрижки волос на удельную сдуваемость

В данной работе определялись аэродинамические характеристики удельной сдуваемости пыли, отобранной в рабочей зоне парикмахерской, аналогично [3]. Испытания были выполнены для диапазона скорости 2-3,5 м/с, исходя из того, что это примерный диапазон скорости работы действующей вытяжной вентиляции в помещении. Данный график и эмпирическая формула (1) позволяют судить о возможности пыли от состриженных волос вновь попадать в атмосферный воздух.

$$q = aV^b = 0{,}00158 \cdot V^{4{,}26295}. \quad (1)$$

Формула (1) имеет указанный вид, так как процесс сдува подчиняется степенному закону. Коэффициенты a и b являются эмпирическими, выведенными при помощи регрессионного анализа и метода наименьших квадратов. В приведенном уравнении скорость V измеряется в м/с, а удельная сдуваемость – в г·с$^{-1}$·м^2. Используя полученные эмпирические коэффициенты, можно вычислить пыление от загрязненных поверхностей.

Обсуждение

Требования к вентиляции парикмахерских на настоящий момент предъявляются в [4], но данный свод правил не гарантирует безопасность проведения работ и чистоту воздуха. Образование мелкодисперсной пыли интенсивно происходит при использовании машинок и триммеров для стрижки волос, что не учитывается в большинстве парикмахерских. Например, помещения парикмахерских могли быть изначально оснащены промышленной вентиляцией, формально отвечающей всем требованиям, но неприменимой на самом деле.

Пыль представляет собой опасный фактор для здоровья мастера: длительное воздействие может привести к развитию профессиональных заболеваний дыхательных путей. Данные, полученные в настоящем исследовании, позволят произвести моделирование движения пыли и, в дальнейшем, разработать эффективную систему вентиляции и пылеулавливания в рабочем помещении. Например, будут вычислены требуемая мощность вентиляторов и месторасположение фильтров.

Зарубежные исследования [5–6] были посвящены воздействию твердых частиц на работников, работающих в салонах красоты. PM_{10} в 15 из 21 салонов превышал установленные нормы, что свидетельствует о недостаточной вентиляции, причем запыление не ограничивались зонами, где выполнялась работа.

В исследовании [7] отмечается почти полное отсутствие исследований риска здоровья в парикмахерских; необходимы дальнейшие исследования для оценки масштаба проблемы. Были измерены концентрации *PM* в помещениях трех африканских/афроамериканских салонов и трех доминиканских салонов, обслуживающих латиноамериканских клиентов. Точность недорогих датчиков (*uRAD*, *Flow*, *AirVisual*) была сопоставлена с дорогостоящим оборудованием (*DustTrak*). Концентрации *PM*10 составляли 465 мкг/м^3, а уровни CO_2 – 1280,92 мг/м^3, что превышает стандарты *IAQ*. Было принято решение срочно обучить персонал мониторингу, способам улучшения вентиляции и использованию более безопасных альтернативных продуктов.

В исследовании [8] изучается точность и эффективность индивидуального мониторинга загрязнения воздуха твердыми взвешенными частицами для людей и детей с астмой с использованием недорогих переносных датчиков. Результаты показывают, что данные мобильного датчика и стационарных станций в основном демонстрировали схожие временные закономерности, что подтверждает возможность использования недорогих датчиков в целях предупреждения развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний для широкого круга лиц.

Заключение

Измеренные концентрации пыли во время стрижки и уборки феном превысили максимальную разовую ПДК PM_{10} в 1,3 раза, что может быть расценено как нарушение условий труда. Аналогичные результаты представлены в зарубежных исследованиях, что подтверждает наличие проблемы и существующей закономерности. Требуется совершенствование способа уборки волос, так как уборка феном приводит к повторному попаданию в воздух мелкодисперсной пыли; определение оптимальной влажности в помещении для увеличения скорости оседания мелкой пыли; создание буферных зон перед выходом для плавного смешивания наружного и внутреннего воздуха; разработка эффективной вентиляции, подходящей для парикмахерских студий исходя из полученного результата анализа дисперсного состава пыли, которая также не будет производить опасных уровней шума.

Обнаружены твердые острые волосяные частицы, способные повреждать дыхательные пути и способствовать развитию респираторных заболеваний. Такие острые частицы возникают из-за неисправности оборудования для стрижки волос, а также в результате резких движений исполнителя работ. Обеспечение профессионального подхода позволит частично решить данную проблему. Интерес также представляет разработка или подбор уже существующей модели фильтрующей маски для парикмахера. Для людей, имеющих респираторные заболевания и работающих в данной сфере, важно проводить персональный мониторинг, чтобы оценивать уровень риска усугубления имеющегося заболевания, а также при необходимости применять защитные фильтрующие воздух маски.

Медианным диаметром в воздухе рабочей зоны, исходя из произведенной микроскопии, оказался 50 мкм, а доля пыли $PM10$ составляет примерно 7 %. При этом доля $PM_{2.5}$ составила только 0.1 %, что значит, что частиц с диаметром меньше 2.5 мкм при стрижке почти не образуется. Наибольший диаметр в выборке был 100 мкм. Такой большой диаметр во вдыхаемом воздухе объясняется тем, что волоски имеют небольшую скорость оседания и равномерно распределяются по всей комнате. Обычно во вдыхаемом воздухе не присутствуют такие крупные частицы пыли.

Были проведены испытания для определения удельных характеристик сдуваемости пыли при небольших скоростях потока воздуха. Данная пыль способна сдуваться и повторно попадать в воздух из-за формы частиц, представленной волосками и пластинами. Приводятся экспериментально полученные значения максимальной удельной сдуваемости исследованного образца пыли. Способность частиц повторно попадать в воздух необходимо учитывать при проведении уборки и на этапе моделирования и проектирования вентиляции в помещении.

Литература

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

2. Азаров, В.Н. Дисперсный состав пыли как случайная функция / В.Н. Азаров, Д.В. Азаров, А.Б. Гробов, В.Ю. Юрькян // Объединенный научный журнал. – 2003. – № 6. – С. 51–53. – EDN YTTFXF.

3. Симаков, В.С. Зависимость удельной сдуваемости зерновой пыли от скорости потока воздуха / В.С. Симаков, В.И. Кондратьева, Е.А. Постникова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 1(121). – С. 285–295. – EDN WUKQDM.

4. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М. : Минстрой России, 2020. – 232 с.

5. Goldin, L.J. Indoor Air Quality Survey of Nail Salons in Boston / L.J. Goldin, L. Ansher, A. Berlin [et al.] // Journal of Immigrant and Minority Health. – 2014. – Vol. 16. – No. 3. – P. 508–514. – DOI: 10.1007/s10903-013-9856-y. – EDN ZFYVLR.

6. Figueiredo, D. PM10 Exposure in Beauty Salons: Impact on A549 Cell Viability, Cell Cycle, Oxidative Stress, and Mutagenicity / D. Figueiredo [et al.] // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2025. – T. 116. – P. 104683.

7. Shao, Yu. Real-time Air Monitoring of Occupational Exposures to Particulate Matter among Hairdressers in Maryland: A Pilot Study / Yu. Shao, L. Kavi, M. Boyle [et al.] // Indoor Air. – 2021. – Vol. 31. – No. 4. – P. 1144–1153. – DOI: 10.1111/ina.12817. – EDN VCLPLM.

8. Kim, D. Real-Time Low-Cost Personal Monitoring for Exposure to PM2.5 among

Asthmatic Children: Opportunities and Challenges / D. Kim, Yu. Yum, K. George [et al.] // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12. – No. 9. – P. 1192. – DOI: 10.3390/atmos12091192. – EDN IDEHIV.

References

1. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya.
2. Azarov, V.N. Dispersnyj sostav pyli kak sluchajnaya funkciya / V.N. Azarov, D.V. Azarov, A.B. Grobov, V.YU. YUr»kyan // Ob»edinennyj nauchnyj zhurnal. – 2003. – № 6. – S. 51–53. – EDN YTTFXF.
3. Simakov, V.S. Zavisimost' udel'noj sduvaemosti zernovoj pyli ot skorosti potoka vozduha / V.S. Simakov, V.I. Kondrat'eva, E.A. Postnikova [i dr.] // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2025. – № 1(121). – S. 285–295. – EDN WUKQDM.
4. SP 60.13330.2020. Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie. – M. : Minstroj Rossii, 2020. – 232 s.

Study of Concentrations and Particle Size Distribution of Fine Dust in the Air of Hair Salons

A.D. Nefedov, E.I. Shevtsov, V.S. Simakov, V.N. Azarov

Volgograd State Technical University,
Volgograd (Russia)

Key words and phrases: research, air pollution, fine particulate matter, measurements, air dustiness in hairdressing salons, personal monitoring, specific blowability.

Abstract. The aim of the study is to measure the concentrations of solid dust particles in hairdressing salons and to determine the aerodynamic properties of this dust. The hypothesis of this work was that "the concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ do not exceed the established maximum single concentration standards during clipper cutting and hair dryer cleaning." The research method involved taking measurements with a certified Handheld 3016 device, comparing them with existing MPC standards, testing the dust in a wind tunnel, and reviewing the published literature on the subject. During shearing and cleaning of the premises, exceedances of the MPC for fine dust were identified by 1.33 and 1.2 times; empirical coefficients a and b of the power function were obtained to determine the specific dust blowability.

УДК 504.5.1:614.7

Возможность применения традиционных принципов формообразования градостроительной композиции в современной застройке

А.М. Капустин, Л.Н. Сухинина

ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (государственная академия)», г. Москва (Россия)

Ключевые слова и фразы: градостроительная композиция, принципы формообразования, исторический город, современная застройка, идентичность места, классическая ось.

Аннотация. Статья посвящена анализу возможности и практической целесообразности применения традиционных принципов градостроительной композиции в условиях современной экономической и технологической реальности. Цель исследования - выявить возможность применения адаптивных механизмов для включения традиционных принципов градостроительства в современные проекты. Задачи исследования - систематизация ключевых классических принципов, анализ современных нормативных ограничений, поиск успешных примеров в архитектуре XIX-XXI вв. Гипотеза исследования - использование ключевых принципов традиционной градостроительной композиции, адаптированных под современные условия и требования, является эффективным инструментом формирования комфортной городской среды. Методы исследования – сравнительный исторический анализ объектов градостроительства, рассмотрение примеров интеграции классических приемов в новые проекты, анализ противоречий, возникающих при столкновении исторических методов с современными экономическими, технологическими и социальными требованиями. В результате выявляется актуальность внедрения традиционных приемов градостроительной композиции для обеспечения пространственной гармонии и экологического благополучия.

Введение

Градостроительная композиция как целостная и упорядоченная система пространственной организации города на протяжении веков строилась на основе универсальных принципов, сформировавших эталоны визуальной гармонии и психологического комфорта. Ось, симметрия, ритм, иерархия, масштабность, замкнутость и ясность границ пространства – фундаментальные приемы, характерные для эпохи Ренессанса, Барокко и Классицизма, лежат в основе исторических городов, которые и сегодня воспринимаются как образцы архитектурно-пространственного совершенства [8]. Однако *XX* век с доминированием функционалистской парадигмы, диктовавшей экономию средств, скоростное строительство и зонирование, во многом отказался от этой богатой эстетики в пользу свободных, асимметричных планов и «архитектуры без орнамента» [6]. В настоящее время, в условиях глубокого кризиса идентичности многих новых районов, актуален вопрос о возможности диалога между традиционной композиционной культурой и вызовами современной архитектуры, экономики и социальных требований. Необходимо проанализировать потенциал адаптации ключевых принципов классического градостроительства в контексте современных проектных практик.

Осевое построение: от парадной репрезентации к структурному каркасу

Одним из наиболее жизнеспособных и востребованных принципов традиционной композиции является осевое построение. В историческом градостроительстве ось служила инструментом организации парадных ансамблей, подчеркивания значимости доминант и создания направленного, репрезентативного движения (Примерами являются осевые композиции Лувр - Триумфальная арка в Париже, система осей в Версале). Современная практика демонстрирует, что осевая композиция не утратила своей актуальности, трансформировавшись из инструмента подавления и строгой регламентации в гибкий структурный каркас, допускающий насыщение самыми различными современными функциями и архитектурными формами, и что для гибкой планировочной структуры характерен рост в одном направлении [4].

Ось работает как действенный инструмент ориентации в сложной городской среде. Ярким примером такого подхода является проект редевелопмента территории парка «Зарядье» в Москве. Ось, связывающая парковый ландшафт с набережной Москвы-реки и историческим собором, создает четкий и интуитивно понятный маршрут, эффективно структурируя сложный рельеф и разнородную по стилистике и назначению застройку [11].

Ключевой характеристикой оси выступает ее поливекторность: траектория не является монолитной и прямолинейной, а предполагает множественность направлений. Каждое разветвление ведет к самостоятельному смысловому фокусу – панорамной смотровой площадке, локальному ландшафтному элементу или архитектурному объекту (например, стеклянному корпусу концертного зала). Это формирует эффект дисперсного восприятия городского пространства: один и тот же архитектурный элемент (храм Василия Блаженного, ландшафтные изгибы Москвы-реки) репрезентируется в различных ракурсах в зависимости от выбранной траектории движения и точки обзора.

Существенным компонентом организации оси выступают зоны пауз – специально спроектированные площадки для остановки (скамейки, амфитеатры, открытые террасы). Их функциональное назначение заключается в:

- регулировании темпоритма перемещения;
- стимулировании рефлексивного восприятия пространства;
- активации мультисенсорного опыта (акустического, тактильного, ольфакторного).

Рельефный контур оси, включающий террасированные уровни, спуски и подъемы, деконструирует традиционную горизонтальную перспективу. Вертикальная динамика пространства обеспечивает:

- чередование масштабных панорамных видов и более камерных пространств;
- последовательную смену визуальных акцентов;
- эффект перманентного переоткрытия городского ландшафта.

Особенностью пространственной организации является синтез урбанистических и природных компонентов. Границы между рукотворными элементами (мостовые, архитектурные объемы) и естественными ландшафтами (травяные склоны, древесные насаждения) намеренно размыты. Это иллюстрирует концепцию сосуществования антропогенных и природных систем, где компоненты сосуществуют без превалирования одного над другим.

В масштабе крупных городских планировок осевые структуры могут использоваться для соединения новых районов с существующей исторической тканью, создания новых общественных центров и визуальных акцентов.

Симметрия и ритм: инструменты преодоления монотонности в условиях типизации

Принцип симметрии, характерный для классической планировочной системы, в современном градостроительстве находит новое, более сложное прочтение. Речь уже не идет о зеркальной, осевой симметрии в ее чистом виде, что зачастую противоречит функциональным требованиям и условиям сложившейся городской ткани. Современная трактовка симметрии – создание сбалансированных, уравновешенных композиций, основанных на принципах динамического равновесия и визуальной соразмерности [1].

Наиболее продуктивным в условиях массового строительства и экономической целесообразности оказывается принцип ритма. Ритмическое чередование объемов, этажей, цвета, фактур фасадов, типа остекления позволяет придать индивидуальность и выразительность даже стандартным, типовым элементам. В проектах современной квартальной жилой застройки ритм создается не идентичными, но соразмерными блоками-модулями. Чередование разной этажности, ритмичное использование эркеров, лоджий, смещение объемов относительно друг друга – все эти приемы позволяют избежать монотонности, характерной для панельных микрорайонов *XX* века, сохраняя при этом общую целостность и экономическую эффективность застройки [3].

Ритм также является мощным средством интеграции застройки в ландшафт. Повторяющиеся элементы, следующие за изгибом береговой линии, рельефом или существующими зелеными насаждениями, создают гармоничный диалог между искусственным и природным. Таким образом, симметрия и ритм, будучи адаптированы, становятся действенными инструментами архитектора в борьбе с хаотизацией визуальной среды.

Иерархия и доминанта: восстановление структурной ясности

Критически важным для создания комфортной и читаемой городской среды представляется принцип иерархии, то есть соподчинения элементов композиции. В традиционном историческом городе этот принцип был выражен подобным образом: в системе «господство доминанты (собор, ратуша, замок) – подчиненная фоновая застройка». Эта структура обеспечивала визуальную ориентацию, символически обозначала общественные центры и придавала городу ясный иерархический порядок [7, с. 134].

В современном градостроительном контексте эта роль доминант сохранилась, но изменилась их функциональное назначение. Сегодня в качестве композиционных доминант могут выступать ключевые общественные здания: школы, детские сады, культурные центры, станции метро, спортивные комплексы. Их выделение за счет большей архитектурной выразительности, нестандартных форм, высоты, использования отличных от окружающих материалов или выгодного местоположения (на возвышенности, в конце перспективы улицы) позволяет структурировать пространство района. В то же время основная масса жилой застройки в таком случае необходима для формирования нейтрального, визуально не нагруженного фона.

Отклонение от этого принципа, наблюдаемое в многих пригородных жилых комплексах и деловых районах, зачастую приводит к визуальному хаосу. Ясная иерархия- признак композиционной идеи, направленной на обеспечение целостности пространства, визуального и физического комфорта участников и жителей проектируемой среды [2].

Замкнутость пространства и человеческий масштаб

Наиболее сложным для прямой реализации в современных условиях является принцип замкнутого, камерного пространства улицы или площади, сформированного сплошным фронтом застройки по периметру. Признается, что классические в композиции урбанистические пространства, демонстрируют уникальный комфорт среды, обусловленный их четкой пространственной определенностью и максимальной композиционной связностью [10, с. 346].

Современные строительные нормы и правила, в частности требования к инсоляции жилых помещений, противопожарные разрывы между зданиями, необходимость организации наземных парковок и озеленения придомовых территорий, делают классическую периметральную застройку в ее чистом виде практически невыполнимой. Подобные условия означают необходимость адаптировать принцип под современный контекст. Его адаптацией становится стратегия создания пространств-карманов замкнутости - проектировании небольших, камерных скверов, внутренних дворов, недоступных для транзитного автомобильного движения, пешеходных зон, защищенных фронтальными элементами от магистралей. В этих локализованных пространствах достигается человеческий масштаб, обеспечивающий психологический и физический комфорт. Современные приемы включают в себя использование элементов ландшафтного дизайна (живые изгороди, подпорные стенки, изменение рельефа), малых архитектурных форм и уличной мебели для обозначения границ таких пространств, также в условиях, когда архитектурный контур не является сплошным [9]. Таким образом, вместо сплошного фронта замкнутых пространств современный город может предлагать их распределенное включение.

Масштабность

Принцип масштабности, неразрывно связанный с иерархией и ритмом, подразумевает соотнесение размеров архитектурных пространств с антропометрическими данными и особенностями восприятия человека. Историческая застройка, при характерной для стилей монументальности, почти всегда сохраняет человеческий масштаб за счет членения фасадов на ярусы, использования узнаваемых элементов (окна, двери, карнизы), пропорции которых интуитивно понятны человеку. Модернистская архитектура, в своих идеях и законах отвергавшая детальность, стремящаяся к чистой форме, выражающей функцию, нередко порождала психологически подавляющие пространства. Современное градостроительство, извлекая уроки из этого опыта, вновь обращается к принципу масштабности.

Это выражается в следующем.

1. Членении крупных объемов: Большие жилые или офисные комплексы визуально разбиваются на более мелкие блоки, соответствующие масштабу восприятия с уровня пешехода.

2. Активном использовании первого этажа: Витрины, кафе, публичные функции на первом этаже вносят визуальный интерес в фасад, создавая контакт на человеческом уровне.

3. Проработке деталей: несмотря на индустриальные методы, внимание к рисунку оконных переплетов, фактуре материала, цветовому решению помогает вернуть зданию комфортный человеческий масштаб.

Контраст и нюанс в формировании визуального восприятия

Помимо макро-принципов организации пространства, традиционная композиция оперирует тонкими инструментами визуального воздействия, такими как контраст и нюанс. Контраст использовался для акцентирования внимания, подчеркивания значимости узловых точек. Нюанс –постепенное изменение свойств – создавало плавные переходы, обогащало восприятие, придавало среде сложность и глубину [1].

В современной застройке, подверженной избытку визуального шума, грамотное использование контраста и нюанса становится средством гармонизации. Контрастное выделение общественного здания на фоне рядовой застройки (принцип иерархии) может быть достигнуто не только масштабом, но и цветом, фактурой, световыми приемами. В то же время, нюансное изменение оттенков фасадной отделки, ритмический рисунок балконов или постепенное повышение этажности в сторону центра района позволяют избежать резких, диссонирующих скачков, создавая целостный визуальный образ.

Пропорционирование и золотое сечение

Одной из фундаментальных основ классической архитектуры и градостроительства была система пропорций, основанная на золотом сечении и рядах Фибоначчи. Эти соотношения, обладающие, как считается, особой гармонией, определяли соотношения высот и ширины зданий, размеров оконных и дверных проемов, членений фасадов [6]. В *XX* веке, при акценте на функциональность и свободные планы, от этих систем во многом отказались.

Сегодня, в эпоху параметрического проектирования и вычислительных методов, интерес к пропорциям возвращается на новом уровне. Алгоритмическая архитектура позволяет оперировать сложными пропорциональными системами, создавая формы, которые, будучи современными, обладают внутренней математической гармонией. Применение модульных координационных систем в панельном домостроении – упрощенная форма пропорционирования. Более глубокое и осознанное применение пропорциональных рядов при проектировании фасадов, планов и градостроительных сечений может стать мощным инструментом для придания новой застройке естественной гармонии, характерной для исторических примеров градостроительного искусства.

Синтез принципов в практике комплексного проектирования

Важно подчеркнуть, что рассмотренные принципы не работают изолированно. Эффективность в синтезе и взаимодополнении. Современный градостроительный проект, квартал, район, и др., должен представлять собой целостную композицию, где осевое построение определяет структуру, иерархия расставляет акценты, ритм и масштабность формируют тактильность среды, замкнутость и пропорции обеспечивают комфорт и гармонию.

Примером подобного синтеза может служить концепция «Города 15 минут», где осевые структуры (бульвары, пешеходные векторы движения) связывают локальные центры (доминанты – школы, клубы), окруженные камерными кварталами с замкнутыми дворами. Ритмичное чередование типов застройки и этажности создает разнообразие, а единый модуль и пропорциональная система объединяют все элементы в целое. Этот подход демонстрирует совместимость традиционных принципов с современными урбанистическими трендами (устойчивость, транспортная доступность), а также возможность функционирования подобных принципов в качестве структурной основы.

Психологические и социальные аспекты традиционной композиции

Обращение к классическим принципам формообразования представляется оправданным как эстетически, так и с точки зрения экологической психологии. Некоторые исследования показывают, что человеческий мозг лучше воспринимает и обрабатывает упорядоченную, ясную и иерархически организованную информацию. Пространства, обладающие четко читаемой структурой (оси, доминанты, ясные границы), снижают когнитивную нагрузку, способствуют легкой навигации и формированию чувства определенности места [2]. Это способствует снижению уровня стресса и повышает субъективное чувство комфорта.

Социальный аспект заключается в том, что такие пространства, как замкнутые площади или дворы, ритмически организованные улицы с активным функционированием первых этажей, естественным образом стимулируют социальные взаимодействия, наблюдение за средой, явление, названное «глаза с улицы» Джейн Джейкобс [5] и формирование локальной идентичности. Обезличенное, хаотичное пространство микрорайона не способствует возникновению чувства общности и ответственности за место, в то время как композиционно ясная и масштабная человеку среда становится полем для формирования социальных связей.

Экономические и регуляторные барьеры и пути их преодоления

Основным препятствием для широкого применения традиционных принципов являются экономические и регуляторные барьеры. Действующие нормы инсоляции, пожарные разрывы, требования к парковочным пространствам часто вступают в противоречие с композиционными задачами создания замкнутых периметров и плотной улично-дорожной сети.

Решение представляется в комплексном подходе:

1. Обновление нормативной базы: Разработка специальных градостроительных регламентов для зон комплексного развития, которые допускали бы отклонения от типовых норм в обмен на достижение высоких качеств городской среды (например, сокращение разрывов при обеспечении высококачественного благоустройства и подземных паркингов).

2. Экономическое стимулирование: Предоставление девелоперам налоговых льгот за

реализацию проектов, следующих утвержденному архитектурно-композиционному концепту, основанному на принципах иерархии, ритма и замкнутости.

3. Государственный заказ: Активная роль муниципалитетов в формировании архитектурно-художественного облика территорий через проведение конкурсов, разработку обязательных к исполнению правил землепользования и застройки (ПЗЗ), детализированных на уровне объемно-пространственных решений.

Перспективы интеграции с экологическим подходом

Важным аспектом современного градостроительства является его экологизация, что, на первый взгляд, может показаться противоречащим плотной, композиционно четкой структуре исторических городов. Однако при ближайшем рассмотрении выявляется глубокая синергия между традиционными принципами и требованиями устойчивого развития. Периметральная застройка, формирующая замкнутые пространства, создает защищенные от ветра дворы, что снижает энергопотребление зданий. Компактная, ритмично организованная структура кварталов сокращает необходимость в длительных перемещениях и способствует развитию пешеходной и транспортной доступности, что является ключевым принципом «зеленого» градостроительства. Осевые построения могут быть эффективно использованы для организации «зеленых коридоров», обеспечивающих вентиляцию города и связь с пригородными лесопарковыми массивами. Таким образом, традиционная композиция не противоречит, а может быть успешно включена в парадигму «умного» и экологичного города, где исторические принципы работают на достижение современных целей по снижению углеродного следа и созданию здоровой городской среды.

Заключение

Таким образом, применение традиционных принципов формообразования в современном градостроительстве не только возможно, но и представляется актуальным и необходимым для обеспечения пространственной гармонии и экологического благополучия. Предлагается отказаться от прямого заимствовании исторических декоративных элементов. Задача состоит в творческой и интеллектуальной трансляции глубоко укорененных в психологии восприятия законов визуальной организации пространства.

Успешность такого подхода находится в прямой зависимости от способности современных проектировщиков и девелоперов адаптировать классические композиционные приемы к особенностям и требованиям *XXI* века: новым строительным технологиям, экономическим ограничениям, экологическим стандартам и изменившимся социальным запросам. Необходим синтез, при котором современная архитектурная форма, функциональное наполнение и экологическая ответственность будут организованы в пространственную структуру, подчиненную законам гармонии, ясности и иерархии. Такой путь может привести к созданию городской среды, которая является одновременно инновационной, устойчивой и укорененной в непрерывной культурной традиции, среды, где человек чувствует себя полноправным и комфортным обитателем.

Литература

1. Бунин, А.В. Архитектурная композиция городов / А.В. Бунин, М.Г. Круглова. – М. : Изд-во Академии архитектуры СССР, 1940. – 204 с.

2. Гейл, Я. Города для людей / Я. Гейл; пер. с англ. А. Токтонов. – М. : Альпина Паблишер, 2012. – 276 с.
3. Глазычев, В.Л. Урбанистика / В.Л. Глазычев. – М. : Европа, 2008. – 219 с.
4. Гутнов, А.Э. Эволюция градостроительства / А.Э. Гутнов. – М. : Стройиздат, 1984. – 256 с.
5. Джекобс, Д. Смерть и жизнь больших американских городов / Д. Джекобс; пер. с англ. Л. Мотылев. – М. : Новое издательство, 2011. – 457 с.
6. Иконников, А.В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве / А.В. Иконников. – М. : URSS, 2006. – 352 с.
7. Лавров, В.А. Развитие планировочной структуры исторически сложившихся городов / В.А. Лавров. – М. : Стройиздат, 1977. – 176 с.
8. Линч, К. Образ города / К. Линч; пер. с англ. В.Л. Глазычев. – М. : Стройиздат, 1982. – 328 с.
9. Саймондс, Дж.О. Ландшафт и архитектура / Дж.О. Саймондс; пер. с англ. М.В. Липкиной. – М. : Стройиздат, 1965. – 196 с.
10. Яргина, З.Н. Эстетика города / З.Н. Яргина. – М. : Стройиздат, 1991. – 365 с.
11. Парк «Зарядье»: концепция развития территории // Официальный сайт парка «Зарядье». – М., 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.zaryadyepark.ru.

References

1. Bunin, A.V. Arhitekturnaya kompoziciya gorodov / A.V. Bunin, M.G. Kruglova. – M. : Izd-vo Akademii arhitektury SSSR, 1940. – 204 s.
2. Gejl, YA. Goroda dlya lyudej / YA. Gejl; per. s angl. A. Toktonov. – M. : Al'pina Pablisher, 2012. – 276 s.
3. Glazychev, V.L. Urbanistika / V.L. Glazychev. – M. : Evropa, 2008. – 219 s.
4. Gutnov, A.E. Evolyuciya gradostroitel'stva / A.E. Gutnov. – M. : Strojizdat, 1984. – 256 s.
5. Dzhekobs, D. Smert' i zhizn' bol'shih amerikanskih gorodov / D. Dzhekobs; per. s angl. L. Motylev. – M. : Novoe izdatel'stvo, 2011. – 457 s.
6. Ikonnikov, A.V. Prostranstvo i forma v arhitekture i gradostroitel'stve / A.V. Ikonnikov. – M. : URSS, 2006. – 352 s.
7. Lavrov, V.A. Razvitie planirovochnoj struktury istoricheski slozhivshihsya gorodov / V.A. Lavrov. – M. : Strojizdat, 1977. – 176 s.
8. Linch, K. Obraz goroda / K. Linch; per. s angl. V.L. Glazychev. – M. : Strojizdat, 1982. – 328 s.
9. Sajmonds, Dzh.O. Landshaft i arhitektura / Dzh.O. Sajmonds; per. s angl. M.V. Lipkinoj. – M. : Strojizdat, 1965. – 196 s.
10. YArgina, Z.N. Estetika goroda / Z.N. YArgina. – M. : Strojizdat, 1991. – 365 s.
11. Park «Zaryad'e»: koncepciya razvitiya territorii // Oficial'nyj sajt parka «Zaryad'e». – M., 2025 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.zaryadyepark.ru.

The Possibility of Applying Traditional Principles of Urban Composition Formation in Modern Development

A.M. Kapustin, L.N. Sukhinina

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow (Russia)

Key words and phrases: urban planning composition, principles of form-making, historical city, modern development, place identity, classical axis.

Abstract. The article is devoted to analyzing the possibility and practical feasibility of applying traditional principles of urban planning composition within the context of modern economic and technological reality. The aim of the research is to identify the potential for employing adaptive mechanisms to integrate traditional urban planning principles into contemporary projects. The research objectives include systematizing key classical principles, analyzing modern regulatory constraints, and seeking successful examples in 19th–21st century architecture. The research hypothesis posits that the use of key principles of traditional urban composition, adapted to contemporary conditions and requirements, serves as an effective tool for shaping a comfortable urban environment. The research methods comprise a comparative historical analysis of urban planning objects, an examination of examples integrating classical techniques into new projects, and an analysis of contradictions arising from the clash of historical methods with modern economic, technological, and social demands. The results demonstrate the relevance of implementing traditional techniques of urban planning composition to ensure spatial harmony and environmental well-being.

УДК 624

Управление жизненным циклом строительства фундамента с применением мультиагентной AI-системы

В.Д. Зорин[1, 2], М.В. Бобер[1], М.Ю. Золотоверхов[1], В.Е. Филоновская[1]

[1] ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;
[2] ООО «ВолгаТЭКинжиниринг»,
г. Волгоград (Россия)

Ключевые слова и фразы: жизненный цикл, искусственный интеллект, фундамент, онтология, RAG технология, реляционные базы данных, календарный график строительства, AI документы в строительстве.

Аннотация. Целью работы является разработка методологии управления жизненным циклом строительства фундамента на основе мультиагентной системы искусственного интеллекта. Для достижения цели были решены следующие задачи: проведен анализ жизненного цикла строительства фундамента и разработан метод управления процессами строительства на основании онтологий и AI; разработана архитектура информационной системы для данного метода; на каждом этапе жизненного цикла фундамента сформирована методология анализа и обработки данных; на основе сформированной методологии разработана модель для обработки данных на основании онтологий и AI; на основе модели получена документация для фундамента на всех его жизненных циклах.

Предложенный подход интегрирует технологии RAG, онтологическое моделирование, реляционные баз данных и внешние сервисы планирования. Результатом работы является сгенерированный AI комплекс документов, обеспечивающих сквозную цифровизацию процесса от технического задания до календарного графика строительства.

Введение

В настоящее время в строительной отрасли общепринятым стандартом цифровизации являются *BIM*/ТИМ технологии. На базе этой технологии развивается автоматизация

Таблица 1. Структура мультиагентной AI системы

<table>
<tr><td colspan="8">AI Agent</td></tr>
<tr><td>Жизненный цикл</td><td>Техническое задание</td><td>Исходные данные</td><td>Предпроектное обследование</td><td>Инженерные изыскания</td><td>Проектная документация</td><td>Закуп, изготовление, поставки</td><td>СМР</td></tr>
<tr><td>Модуль</td><td colspan="3">RAG модуль</td><td colspan="2">Онтология модуль</td><td>БД модуль</td><td>Календарь модуль</td></tr>
<tr><td>AI документ</td><td>AI техническое задание</td><td colspan="2">AI программа предпроектного обследования</td><td>AI ТЗ на инженерные изыскания
AI программы инженерных изысканий</td><td>AI документация
AI ведомость объемов работ</td><td>AI документация на закуп, изготовление и поставку</td><td>AI календарный график строительства
AI смета</td></tr>
</table>

сметных расчетов, работа в *ERP* и *CRM* системах, т.е. автоматизация проектирования, закупок, ресурсов, графика строительства и т.д. Вместе с тем, существуют проблемы, не позволяющие говорить, что *BIM* технологии это тот инструмент, который решит все проблемы строительных процессов. Во-первых, в основном это иностранный софт, выстроенный под иностранные нормы и правила. Во-вторых, процесс строительства в России — это прежде всего бумажный документооборот и *BIM* технологии зачастую только его дублируют. В-третьих, это принятая в России структура организации работ, в которой обычно работы по проектированию, закупкам и строительству осуществляются разными организациями. При этом такой подход практически исключает итерационную организацию процессов строительства, оптимизацию многих его параметров.

Кроме того, современные строительные проекты требуют высокой степени координации разнородных данных: технических, геологических, логистических, финансовых. Традиционные методы управления сталкиваются с проблемами фрагментарности информационных потоков; высокой трудоемкости подготовки документации; рисков несогласованности данных, несинхронизированности графиков поставок и работ; сложностью, с учетом всего вышеперечисленного, выполнения сметных расчетов и т.д.

Вашему вниманию представляется метод управления жизненным циклом процесса строительства с помощью инструментов искусственного интеллекта, а именно с помощью мультиагентной *AI* системы. Основная задача данного метода состоит в том, чтобы, начиная от технического задания на проектирование и заканчивая вводом в эксплуатацию, модули этой *AI* системы помогали управлять объектом проектирования, его ресурсами, сроком и стоимостью. В качестве объекта проектирования был выбран фундамент - основной конструктивный элемент здания или сооружения.

Архитектура системы

В табл. 1 приведена структура предлагаемой мультиагентной *AI* системы, состоящей из четырех функциональных модулей:

1. *RAG* модуль (*Retrieval Augmented Generation*) — обрабатывает техническое задание;

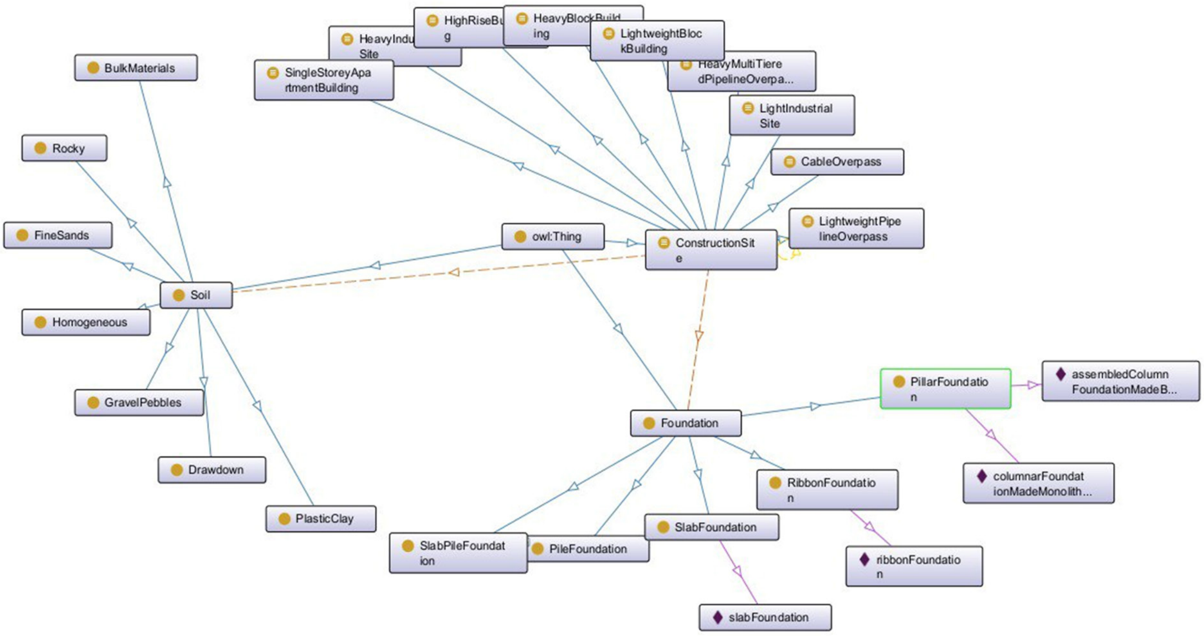

Рис. 1. Фрагмент онтологии системы: геология-фундамент

2. Онтологический модуль — анализирует геологические изыскания, особенности грунтов, объекта, условий строительства и выбирает тип фундамента;

3. БД модуль — управляет закупками, сметой и строительно монтажными работами (СМР);

4. Календарный модуль — синхронизирует календарные графики строительства через *Google Calendar*.

При этом мультиагентная *AI* система обеспечивает обмен данными между модулями и внешними системами.

Функционирование модулей системы

1. *RAG* модуль (обработка технического задания):
- Вход: текстовое ТЗ в форматах *DOC*;
- Механизм:
  - o векторизация текста;
  - o поиск релевантных фрагментов в базе знаний;
  - o генерация структурированных требований с помощью *LLM*.
- Выход: *AI* техническое задание с рекомендациями по недостающим исходным данным, *AI* программа предпроектного обследования.

2. Онтологический модуль (геология и фундамент):
  - Вход: данные из *AI* технического задания;
  - Механизм:
    - – загрузка онтологии строительства;
    - – логический вывод типа фундамента через правила:
  - Выход: *AI* чертеж, спецификация фундамента с обоснованиями, *AI* ведомость работ.

На рис. 1 приведен фрагмент онтологического модуля.

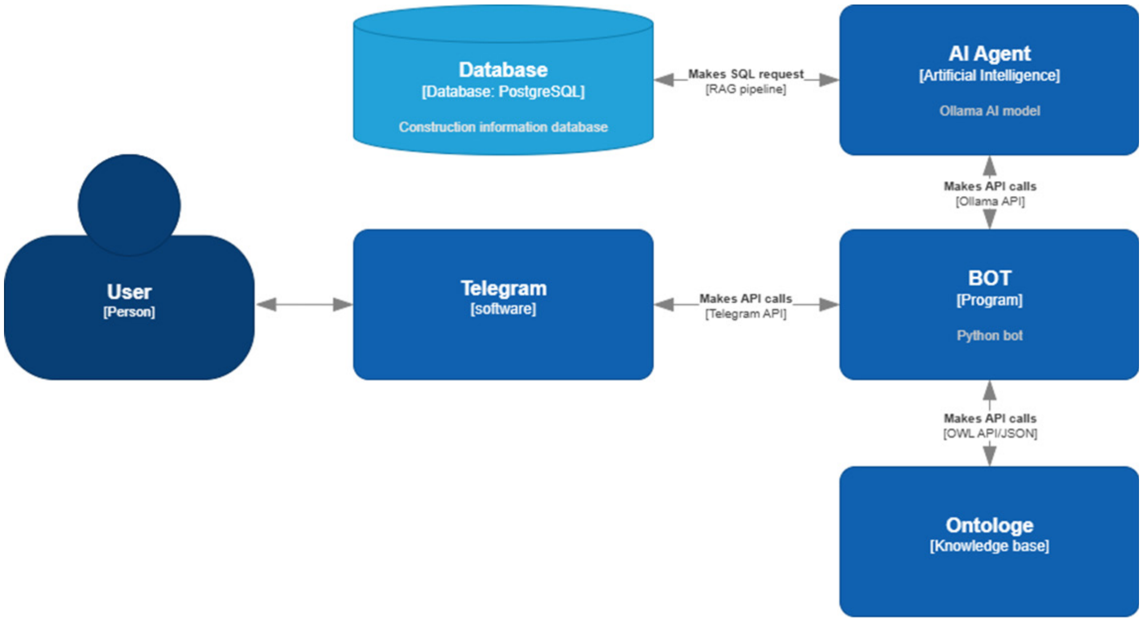

Рис. 2. Блок схема программной реализации предлагаемого метода

На рис. 2 представлена архитектура программной реализации предлагаемого метода.

Из представленной блок схемы видно, что связывание онтологии и *AI Agent* происходит с помощью *Bot*, написанного на языке *Python*

3. БД модуль (закупки и СМР):

- Вход: данные из онтологического модуля;
- Механизм:
  - o работа с БД по таблицам закупа, изготовления, поставки оборудования и материалов;
  - o работа с БД по объемам работ, ресурсам и сметным расценкам;
  - o помощь в генерации сметы.
- Выход: актуализированная *AI* смета и график закупок.

На рис. 3 представлен фрагмент расчета ресурсов, необходимых для строительства фундамента, а также пример *AI* сметы, полученной с помощью БД модуля.

4. Календарный модуль (планирование):

Вход: сроки и ресурсы из БД модуля;

- Механизм:
  - o создание событий в *Google Calendar*;
  - o оптимизация графика;
  - o уведомления о конфликтах ресурсов.
- Выход: синхронизированный *AI* календарный план.

Заключение

В статье представлен метод управления жизненным циклом строительства фундамента с применением мультиагентной *AI* системы. Описаны структура системы, функционирование ее модулей, представлена архитектура программной реализации и приведены примеры полученных из программы *AI* документов (*AI* сметы).

Вибратор глубинный	2	Мощность 1,5 кВт
Экскаватор	1	Ковш 0,8 м³
Самосвал	2	Грузоподъемность 20 т
Кран	1	Грузоподъемность 16 т

4. Человеческие ресурсы

Должность	Количество	Квалификация
Прораб	1	6 разряд
Бетонщик	4	4-5 разряд
Арматурщик	3	4-5 разряд
Опалубщик	3	4 разряд
Разнорабочий	2	2-3 разряд

5. Смета на устройство фундамента

Статья затрат	Стоимость, руб.
Материалы	
Бетон В25	30 × 4 500 = 135 000
Арматура	6 000 × 45 = 270 000
Опалубка	100 × 1 500 = 150 000
Песок	50 × 500 = 25 000
Щебень	40 × 800 = 32 000
Геотекстиль	100 × 70 = 7 000
Гидроизоляция	100 × 200 = 20 000
Механизмы	
Аренда техники	200 000
Трудозатраты	
Оплата труда	250 000
Накладные расходы	80 000
Итого	**1 239 000 руб.**

Рис. 3. Фрагмент работы БД модуля

Представленный метод позволяет эффективно управлять разнородными данными по фундаменту в течение всего его жизненного цикла. Комбинация *RAG*, онтологий, реляционных БД и календарного планирования обеспечивает:

- сквозную прослеживаемость данных;
- итерационное проектирование и оптимизацию данных;
- автоматическое получение *AI* документов и сметных расчетов;
- повышение скорости принятия решений;
- управление календарным графиком и работами при строительстве и т.д.

Дальнейшее развитие *AI* системы связано с ее разработкой для других систем, таких как отопление, водоснабжение, фасад, электрика и т.д., а также с ее интеграцией с *BIM* моделями.

Литература

1. Smith, J. AI in Construction Management / J. Smith [et al.]. – Springer, 2023.

2. Иванов, А.В. Онтологические модели в проектировании / А.В. Иванов. – М. : Стройиздат, 2022.

3. Google Developers. Calendar API Documentation, 2024.

4. Lee, K. Retrieval Augmented Generation for Knowledge Intensive Tasks / K. Lee. – NeurIPS, 2021.

5. Теличенко, В.И. Методы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с учетом влияния экологических и других видов рисков / В.И. Теличенко, А.А. Лапидус, М.Ю. Слесарев, Мозаффари Мохаммад Али // Строительство: наука и образование. – 2024. – Т. 14. – № 2. – С. 166–177. – DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.166-177.

References

2. Ivanov, A.V. Ontologicheskie modeli v proektirovanii / A.V. Ivanov. – M. : Strojizdat, 2022.

5. Telichenko, V.I. Metody upravleniya zhiznennym ciklom ob»ektov kapital'nogo stroitel'stva s uchyotom vliyaniya ekologicheskih i drugih vidov riskov / V.I. Telichenko, A.A. Lapidus, M.YU. Slesarev, Mozaffari Mohammad Ali // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie. – 2024. – T. 14. – № 2. – S. 166–177. – DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.166-177.

Foundation Construction Lifecycle Management Using a Multi-Agent AI System

V.D. Zorin[1, 2], M.V. Bober[1], M.Yu. Zolotoverkhov[1], V.E. Filonovskaya[1]

[1] Volgograd State Technical University;
[2] VolgaTEKengineering, LLC,
Volgograd (Russia)

Key words and phrases: life cycle, artificial intelligence, foundation, ontology, RAG technology, relational databases, construction schedule, AI documents in construction.

Abstract. The aim of the work is to develop a methodology for managing the life cycle of foundation construction based on a multi-agent artificial intelligence system. To achieve this goal, the following tasks were solved: an analysis of the life cycle of foundation construction was carried out and a method for managing construction processes based on ontologies and AI was developed; an information system architecture for this method was developed; at each stage of the foundation life cycle, a methodology for data analysis and processing was formed; Based on the established methodology, a model for data processing based on ontologies and AI has been developed; based on the model, documentation for the foundation has been obtained for all its life cycles.

The proposed approach integrates RAG technologies, ontological modeling, relational databases, and external planning services. The result of the work is an AI-generated set of documents that ensure end-to-end digitalization of the process from the terms of reference to the construction schedule.

УДК 69.05

Параметрическая модель взаимодействия технологических связей в строительстве автодорог с использованием дополненной реальности

Р.В. Разяпов[1], А.О. Глазачев[1], А.Е. Наумов[2], С.Ю. Павлов[3]

[1] ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа (Россия);
[2] ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», г. Белгород (Россия);
[3] ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, (Россия)

Ключевые слова и фразы: параметрическая модель, технологические связи, автомобильные дороги, дополненная реальность, БИМ, цифровизация, строительный контроль.

Аннотация. В статье представлена математическая модель взаимодействия технологических связей при строительстве автомобильных дорог с использованием дополненной реальности. Цель исследования заключается в формализации взаимного влияния параметров технологии строительства и операционных процессов для оценки технологического уровня выполнения работ. Сформирован расширенный перечень из 50 параметров, охватывающих пять групп показателей: геометрию, материалы, организацию, безопасность и цифровизацию. Построена графическая модель взаимосвязей между параметрами и технологическими операциями, позволяющая определить ключевые зависимости и рассчитать интегральный индекс технологического уровня (TQI). Для количественного описания взаимодействий использованы матрицы влияний и весовые коэффициенты, полученные по результатам экспертных оценок и метода анализа иерархий (AHP). Модель учитывает коэффициент распространения влияния между параметрами и позволяет прогнозировать изменение технологического состояния при вариации входных параметров. Использование инструментов дополненной реальности (AR) обеспечивает высокоточные измерения, сопоставление фактических данных с БИМ-моделью и автоматизированное выявление отклонений. Результаты исследования демонстрируют, что предложенный подход позволяет объективно оценивать технологическую устойчивость дорожного строительства, выявлять критические взаимосвязи между параметрами и принимать управленческие решения, направленные на повышение эффективности производственного процесса.

Современные методы строительного контроля опираются на ограниченный набор показателей и разрозненные источники данных. В результате сложные технологические связи между процессами дорожного строительства остаются «невидимыми», а влияние локальных отклонений на общий результат недооценивается. Новизна работы: сформирован расширенный перечень из 50 параметров для оценки технологии строительства автодорог; предложена математическая модель взаимодействий между параметрами и технологическими операциями; используется дополненная реальность (*AR*) как инструмент сбора измерений на площадке и верификации с БИМ-моделью.

Описание параметров (50 показателей)

A. Геометрия и конструктив (*A*1–*A*10): продольный уклон; поперечный уклон; продольная ровность (*IRI*); поперечная ровность; отметки проект/факт; ширина проезжей части; ширина обочин; уклон откосов; геометрия кюветов; радиусы кривых.

B. Материалы и слои дорожной одежды (*B*1–*B*10): зерновой состав смеси; влажность основания; плотность/уплотнение слоя; прочность щебня, адгезия битума; температура укладки; толщина слоя (факт); водонасыщение; модуль упругости; равномерность распределения связующего.

C. Организация, логистика, сроки (*C*1–*C*10): соблюдение графика работ; производительность; простои техники; своевременность снабжения; квалификация кадров; координация подрядчиков; доступ к зоне; отклик на дефекты; погодные окна; готовность фронта работ.

D. Безопасность и экология (*D*1–*D*10): разметка и ограждения; СИЗ и инструктаж; сигналы и знаки; контроль пыли/шума; отходы; устойчивость откосов; безопасность потоков техники; аварийные выезды; протоколы инцидентов; контроль водоотводов.

E. Цифровизация, качество, данные (*E*1–*E*10): актуальность БИМ-модели; трассировка изменений; полнота документации; калибровка *AR*-сцен; точность *AR*-замеров; привязка *QR*/маяков; связность фотофиксации; скорость синхронизации; автоматизация отчетности; доступность данных.

Математическая модель и расчеты

AR-измерения: $\Delta d = \tilde{d} - d_0 = \delta + \varepsilon$, где $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$. Существенное отклонение: $|\Delta d| > z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma + \tau_{\text{норм}}$.

Распространение влияний: $x = (I - \alpha A)^{-1} \cdot B \cdot p$, $0 < \alpha < 1/\rho(A)$.

Интегральный индекс технологии: $TQI = 1 - (w^{\mathrm{T}} \cdot x)/(w^{\mathrm{T}} \cdot 1)$.

Чувствительность параметров: $\partial TQI/\partial p_i = -(w^{\mathrm{T}} \cdot (I - \alpha A)^{-1} \cdot b_i)/(w^{\mathrm{T}} \cdot 1)$.

Энтропийные веса: $w_i = (1 - H_i)/\Sigma(1 - H_j)$, $H_i = -(1/lnN)\Sigma q_{it}\ ln\ q_{it}$, $q_{it} = x_{it}/\Sigma x_{it}$.

Байесовское обновление несоответствий: $\pi_i = P(defect_i \mid \tilde{d}_i) \propto P(\tilde{d}_i \mid defect_i) \cdot P(defect_i)$.

Пусть $K = 8$ операций: подготовка, основание, нижний и верхний слой покрытия, обочины, водоотвод, безопасность, контроль. $\alpha = 0.2$. После нормировки входов p_i по *AR*-замерам и лог-метрикам получаем $x = (I - \alpha A)^{-1} \cdot B \cdot p$. Топ-влияния: *B*3 (уплотнение слоя), *B*7 (толщина слоя), *A*3 (ровность *IRI*), *E*5 (точность *AR*), *C*4 (своевременность снабжения).

По вектору *x* видны пиковые нагрузки на операциях «верхний слой» и «контроль качества». Центральность $(I - \alpha A)^{-1}$ показывает, что устранение дефицита по *C*4 снижает *x* сразу на трех операциях, а повышение точности *AR*-сцен уменьшает σ и снижает ложные срабатывания P_{fa}.

Интегральная оценка (пример): при $w_V(AHP)$ для верхнего слоя и контроля $TQI = 1 - (w^{\mathrm{T}} \cdot x)/(w^{\mathrm{T}} \cdot 1) = 0{,}73$. После улучшений («калибровка *AR*» + «ритмичное снабжение») получаем $TQI = 0{,}81$.

Предложена параметрическая рамка из 50 показателей и графическая модель взаимодействий параметров и технологических операций дорожного строительства. Инструмент *AR* используется для измерений и верификации, а математическая часть обеспечивает распространение влияний, ранжирование критичности параметров и вычисление интегрального индекса *TQI*. Результаты показывают, что сочетание «материалы + геометрия + цифровое качество данных» формирует ключевой пучок влияний, а устранение дефектов снабжения и повышение точности *AR*-сцен дает значительный рост *TQI*.

Результаты моделирования подтвердили, что между отдельными группами параметров формируются устойчивые технологические цепочки, определяющие качество и надежность дорожной конструкции. Так, параметры геометрии (*A*) и материалов (*B*) оказывают прямое влияние на соответствие проектным отметкам и равномерность уплотнения, тогда как группа организационных факторов (*C*) определяет стабильность производственного ритма и, следовательно, качество слоя покрытия по температуре и плотности.

При анализе структуры матрицы взаимодействий *A* и инцидентной матрицы *B*, выявлено, что связи между блоками неравномерны.

Группы *A* и *B* образуют плотный подграф с коэффициентом связности 0,68, в то время как блок *E* (цифровизация) проявляет сквозное влияние на все процессы, но с относительно низкой интенсивностью (0,25–0,35 по шкале коэффициентов влияния).

Это объясняется тем, что цифровые методы контроля влияют опосредованно — через качество данных и скорость их обработки.

Для проверки устойчивости модели было проведено 200 итераций с варьированием коэффициента α в диапазоне [0,1; 0,4].

Среднее значение интегрального индекса *TQI* изменялось в пределах ±0,04, что свидетельствует о стабильности результатов и слабой чувствительности к колебаниям параметра обратной связи.

При увеличении числа параметров до 70 (добавлены факторы эксплуатационного содержания) наблюдалась сходимость модели и рост вычислительной устойчивости, что позволяет использовать данный подход в расширенных системах управления жизненным циклом.

Использование технологий дополненной реальности (*AR*) позволяет перевести субъективную визуальную оценку в цифровой формат с последующей аналитической обработкой. В традиционных условиях инженер фиксирует дефект вручную, и лишь спустя время данные попадают в исполнительную документацию. При применении *AR*-интерфейса замеры и визуализация происходят мгновенно: на экране устройства накладывается информационная модель, а координаты отклонения автоматически записываются в базу данных и сопоставляются с элементом БИМ-модели.

Проведенная апробация показала, что при использовании *AR*-системы время цикла контроля одного участка сокращается в среднем с 12 до 5 минут, а погрешность измерения геометрических параметров не превышает 3 мм при нормальных условиях освещения.

Это позволило существенно повысить частоту контроля без увеличения трудозатрат персонала. Дополнительно было проведено сравнение с лазерным сканированием (*LiDAR*). Несмотря на то, что *LiDAR* дает более высокую точность, его применение требует значительных временных и финансовых ресурсов. *AR*-технология обеспечивает компромисс между точностью (±3–6 мм) и оперативностью, что особенно важно при строительстве протяженных линейных объектов.

Интеграция *AR*-инструмента с аналитическим модулем модели *TQI* позволяет автоматически формировать отчет по технологическому состоянию объекта и выявлять наиболее проблемные операции.

Например, при выявлении отклонения в геометрии система определяет, с какими параметрами и процессами оно связано (по матрице *B*) и какие операции требуют пересмотра (по структуре *A*).

Предложенная методика может применяться как элемент единой цифровой системы строительного контроля.

Ее архитектура предполагает наличие четырех уровней.

1. Датчики и мобильные устройства: измерительные комплексы, камеры и *AR*-интерфейсы, фиксирующие параметры среды и конструкции.
2. Информационно-аналитический уровень: база данных измерений и интеллектуальный модуль для расчета индекса *TQI*.
3. Уровень визуализации: интерфейс, отображающий цветовые карты параметров и диаграммы влияний.
4. Уровень управления: автоматическая генерация рекомендаций и отчетов для руководителя проекта или заказчика.

Реализация такой структуры позволяет перейти от постфактум-контроля к предиктивному управлению качеством строительства. Вместо устранения дефектов после приемки система прогнозирует риск их возникновения, анализируя тренды изменений параметров и динамику *TQI*.

Таким образом, применение разработанной модели обеспечивает цифровую прослеживаемость строительных процессов, что особенно важно при переходе отрасли к стандартам «Цифрового строительства 2030» и требованиям Минстроя РФ по ведению Единого цифрового контура капитального строительства.

Перспективным направлением развития модели является интеграция с системами мониторинга в эксплуатации (эксплуатационный цикл ЖЦ).

Это позволит рассматривать *TQI* не как статическую оценку, а как динамическую метрику, изменяющуюся во времени. С учетом накопления данных за годы эксплуатации возможна реализация функции прогнозирования деградации параметров покрытия и назначения оптимальных сроков ремонта.

Вторая важная задача — адаптация алгоритма *AHP*/энтропийного взвешивания под обучение на данных. Вместо фиксированных экспертных весов модель может использовать методы машинного обучения (градиентный бустинг, нейронные сети), оптимизирующие веса *w* для минимизации отклонения *TQI* от эталонных значений. Таким образом, система будет самообучаться и корректировать коэффициенты взаимодействий между параметрами.

Кроме того, в дальнейшем планируется расширить набор параметров блоком социально-организационных факторов, включающих удовлетворенность персонала, распределение компетенций и внутреннюю коммуникацию участников проекта. Эти аспекты слабо формализованы, но их влияние на качество и безопасность строительства подтверждено многочисленными исследованиями.

Результаты апробации модели в экспериментальных условиях показали, что предложенная методика позволяет:

– сократить время анализа технологических отклонений в 2,3 раза;
– снизить долю ошибок ввода данных более чем на 60 %;
– повысить объективность экспертных оценок с коэффициентом согласованности $r = 0{,}92$;
– обеспечить визуальную верификацию данных и автоматическое обновление БИМ-модели.

Таким образом, разработанная параметрическая модель с использованием *AR*-инструментов является эффективным инструментом управления качеством в процессе строительства автодорог и может быть интегрирована в существующие платформы БИМ без существенных изменений архитектуры данных.

Развитие параметрических моделей и внедрение технологий дополненной реальности создают фундамент для перехода дорожного строительства к формату автоматизированной аналитики. Однако следующим ключевым шагом становится внедрение инструментов искусственного интеллекта, которые способны значительно расширить вычислительные и диагностические возможности системы. В отличие от классических подходов, основанных на экспертных суждениях и ручной интерпретации данных, ИИ позволяет формировать самодостаточный контур контроля качества, где роль человека постепенно смещается от первичного анализа к верификации решений и стратегическому управлению.

Одним из наиболее существенных эффектов внедрения ИИ является резкое снижение зависимости от человеческого фактора. В условиях крупных проектов строительного сезона на автодорогах трудовые ресурсы инспекторов и инженеров нередко ограничены, а уровень квалификации на разных участках варьируется. Это приводит к разбросу оценок, неполному учету параметров и ошибкам в оформлении отчетности. Интеллектуальные модули анализа позволяют исключить вариативность интерпретаций: все измерения, поступающие из *AR*-интерфейсов, автоматически сопоставляются с нормативами, историческими данными объекта и ранее выявленными зависимостями между параметрами. Таким образом, измерения становятся строго формализованными, а процедура принятия решений – единообразной.

Важным следствием внедрения ИИ является сокращение затрат на экспертов и специалистов по строительному контролю. Система берет на себя алгоритмизацию типовых операций: проверку геометрических параметров, анализ однородности материалов, валидацию временной дисциплины и анализ технологических взаимосвязей. В результате число ручных экспертных заключений уменьшается на 60–70 %. Эксперт подключается только в тех случаях, когда система фиксирует аномалии с высокой неопределенностью либо при возникновении комплексных технологических конфликтов. Такой подход позволяет перераспределить ресурсы: один эксперт способен сопровождать сразу несколько объектов вместо одного традиционного.

Кроме того, ИИ создает возможность для многокритериального анализа в реальном времени. Если до внедрения цифровых систем оценка состояния строительной площадки проводилась с периодичностью 1–2 раза в смену, то интеллектуальные модели позволяют анализировать все отклонения непрерывно по мере поступления данных. При каждом обновлении значений параметров математическая модель пересчитывает *TQI*, определяет узлы перегрузки и прогнозирует возможные технологические риски. Подобный режим работы фактически формирует цифрового «помощника главного инженера», который круглосуточно отслеживает критические точки и предупреждает о потенциальных нарушениях.

Использование искусственного интеллекта также усиливает предиктивный потенциал системы управления качеством. Модель с накоплением данных способна выявлять слабые места технологии, которые не проявляются в моменте, но формируют долгосрочные угрозы. Например, слабая организация логистики может привести не только к локальным отклонениям по температуре смеси, но и к стратегическому снижению качества уплотнения и долговечности покрытия на отдельных участках дороги. Модель фиксирует связь между группами параметров *A*–*E* и позволяет прогнозировать ухудшение *TQI* задолго до появления явных дефектов.

Наконец, внедрение ИИ обеспечивает формирование устойчивой цифровой памяти объекта, что особенно важно при переходе к жизненному циклу дорожного строительства. Все измерения, взаимосвязи, решения и выявленные зависимости автоматически сохраняются в базе знаний и доступны для повторного анализа, обучения моделей и корректировки нормативных регламентов. Это делает процесс управления качеством не только реактивным, но и саморазвивающимся, что соответствует международным тенденциям создания интеллектуальной инфраструктуры.

Литература

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

2. Разяпов, Р.В. Модернизированные направленности информационного моделирования в контексте дорожно-транспортных сооружений / Р.В. Разяпов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 8(143). – С. 66–69.

3. Наумов, А.Е. Интеллектуализация технологических процессов строительно-технической экспертизы / А.Е. Наумов, Д.А. Юдин, А.В. Долженко, А.А. Прахова, А.С. Кучеренко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 12. – С. 28–38. – DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-28-38.

4. Бойков, В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог / В.Н. Бойков // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1(2). – С. 1–7.

5. Миронюк, В.П. Анализ направлений развития САПР автомобильных дорог для реализации концепции жизненного цикла / В.П. Миронюк, В.В. Фиалкин // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1(2). – С. 31–35.

6. Куневич, С.Н. Определение эффективности применения информационных технологий / С.Н. Куневич // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2023. – № 6(165). – С. 88–92.

7. Столбов, И.В. Современные подходы к комплексному внедрению технологий информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объекта капитального строительства (недвижимости) / Столбов И.В., Придвижкин С.В. // Перспективы науки. –

2023. – Тамбов : НТФ РИМ. – № 6(165). – С. 108–114.

8. Елшами, М.М.М. Управление жизненным циклом автомобильных дорог на этапе эксплуатации на основе алгоритмов искусственных нейронных сетей / М.М.М. Елшами, А.Н. Тиратурян, Е.В. Углова // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 8(92). – С. 282–292.

9. Мухаметзянов, З.Р. Оптимизация технологии и организации монтажа изотермического резервуара как составного элемента отраслевого комплекса / З.Р. Мухаметзянов, Р.В. Разяпов, Т.А. Могучева, Д.Р. Батырова // Экономика строительства. – 2021. – № 6(72). – С. 48–57.

10. Руководство пользователя программного комплекса GLAZAR MARINE. – СПб. : ГЛАЗАР, 2022.

11. Razyapov, R.V. Application of AR Technologies in the Building Industry / R.V. Razyapov // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2559. – No. 04001. – DOI: 10.1063/5.0100069.

12. Mukhametzyanov, Z.R. Sustainability Method Organizational and Technological Decisions in the Construction of Industrial Complexes / Z.R. Mukhametzyanov, P.P. Oleinik // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 258. – No. 09056. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125809056.

13. Papagiannakis, A.T. International Standards Organization-Compatible Index for Pavement Roughness / A.T. Papagiannakis, B. Raveendran // Transportation Research Record. – 1998. – Vol. 1643. – P. 110–115.

14. Swei, O. Pavement Management Systems: Opportunities to Improve Current Frameworks / O. Swei, J. Gregory, R. Kirchain // Proc. of the Transportation Research Board 95th Annual Meeting. – Washington, DC, USA. – 2016. – 18 p.

15. ISO 19650:2020. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using building information modelling.

References

1. Razyapov, R.V. Eksperimental’noe opredelenie poperechnyh uklonov na etape stroitel’stva v zhiznennom cikle avtomobil’nyh dorog s ispol’zovaniem AR instrumentov / R.V. Razyapov, A.O. Glazachev // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 8(167). – S. 121–125.

2. Razyapov, R.V. Modernizirovannye napravlennosti informacionnogo modelirovaniya v kontekste dorozhno-transportnyh sooruzhenij / R.V. Razyapov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 8(143). – S. 66–69.

3. Naumov, A.E. Intellektualizaciya tekhnologicheskih processov stroitel’no-tekhnicheskoj ekspertizy / A.E. Naumov, D.A. YUdin, A.V. Dolzhenko, A.A. Prahova, A.S. Kucherenko // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova. – 2022. – № 12. – S. 28–38. – DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-28-38.

4. Bojkov, V.N. IT-tekhnologii v podderzhke zhiznennogo cikla dorog / V.N. Bojkov // SAPR i GIS avtomobil’nyh dorog. – 2014. – № 1(2). – S. 1–7.

5. Mironyuk, V.P. Analiz napravlenij razvitiya SAPR avtomobil’nyh dorog dlya realizacii koncepcii zhiznennogo cikla / V.P. Mironyuk, V.V. Fialkin // SAPR i GIS avtomobil’nyh dorog. – 2014. – № 1(2). – S. 31–35.

6. Kunevich, S.N. Opredelenie effektivnosti primeneniya informacionnyh tekhnologij / S.N. Kunevich // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2023. – № 6(165). – S. 88–92.

7. Stolbov, I.V. Sovremennye podhody k kompleksnomu vnedreniyu tekhnologij informacionnogo modelirovaniya na vsekh stadiyah zhiznennogo cikla ob»ekta kapital’nogo

stroitel'stva (nedvizhimosti) / Stolbov I.V., Pridvizhkin S.V. // Perspektivy nauki. – 2023. – Tambov : NTF RIM. – № 6(165). – S. 108–114.

8. Elshami, M.M.M. Upravlenie zhiznennym ciklom avtomobil'nyh dorog na etape ekspluatacii na osnove algoritmov iskusstvennyh nejronnyh setej / M.M.M. Elshami, A.N. Tiraturyan, E.V. Uglova // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2022. – № 8(92). – S. 282–292.

9. Muhametzyanov, Z.R. Optimizaciya tekhnologii i organizacii montazha izotermicheskogo rezervuara kak sostavnogo elementa otraslevogo kompleksa / Z.R. Muhametzyanov, R.V. Razyapov, T.A. Mogucheva, D.R. Batyrova // Ekonomika stroitel'stva. – 2021. – № 6(72). – S. 48–57.

10. Rukovodstvo pol'zovatelya programmnogo kompleksa GLAZAR MARINE. – SPb. : GLAZAR, 2022.

Parametric Model of Technological Interaction Links in Road Construction Using Augmented Reality

R.V. Razyapov[1], A.O. Glazachev[1], A.E. Naumov[2], S.Yu. Pavlov[3]

[1] *Ufa State Petroleum Technological University,*
Ufa (Russia);
[2] *Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,*
Belgorod (Russia);
[3] *Ufa University of Science and Technology,*
Ufa (Russia)

Key words and phrases: parametric model, technological interactions, road construction, augmented reality, BIM, digitalization, construction control.

Abstract. The article presents a mathematical model of technological interaction in road construction using augmented reality (AR). The purpose of the study is to formalize the mutual influence between technological parameters and operational processes in order to evaluate the technological performance level of road construction. An extended set of 50 parameters was developed, covering five categories: geometry, materials, organization, safety, and digitalization. A graph-based model of interrelations between parameters and construction operations was constructed, enabling the identification of key dependencies and calculation of the Technological Quality Index (TQI). To quantify the interactions, influence matrices and weighting coefficients were applied, obtained through expert evaluations and the Analytic Hierarchy Process (AHP). The model accounts for the propagation coefficient of influence among parameters and allows forecasting of technological state variations depending on changes in input data. The use of augmented reality (AR) tools ensures high-accuracy measurements, comparison of actual data with BIM models, and automated detection of deviations. The research results demonstrate that the proposed approach enables an objective assessment of the technological sustainability of road construction, identification of critical interdependencies between parameters, and data-driven decision-making to improve the efficiency of production processes.

УДК 622.2:553.04:550.834

Способы использования современных технологий в разработке Юрских отложений

С.В. Куровский[1], В.И. Дорофеев[2], О.Л. Козлова[3]

*[1] ООО «Высшая Школа Образования»,
г. Одинцово (Россия)
[2] НОЦ «Газпром нефть – ИТМО»,
г. Санкт-Петербург (Россия),
[3] ЧУПО «Краснознаменский городской колледж»,
г. Краснознаменск (Россия)*

Ключевые слова и фразы: способы, использование современных технологий, разработка Юрских отложений, подход, разработка месторождений углеводородов.

Аннотация. Цель статьи – представить результаты формирования современной технологии диагностики в разработке Юрских отложений. Задачи исследования: отразить актуальность необходимости использования современных технологий в разработке Юрских отложений, описание теоретических методов и параметров; обозначить результаты исследования, а также вклад авторов в практику разработки месторождений углеводородов с использованием современных технологий. Гипотеза исследования состоит в том, что существует крайне высокий уровень неопределенности в свойствах флюидов Юрских отложений, который воздействует на прогноз продуктивности работы нефтегазовых скважин. Результаты, которые были достигнуты в процессе исследования: приведены результаты формирования современной технологии диагностики в разработке Юрских отложений с использованием PVT пластов Ю5-12, степени трансформации органического вещества углистой нефтематеринской толщи, проницаемости в соответствии с анализом керна, оценки диапазонов эффективной проницаемости по данным гидродинамических исследований скважин.

Геологическая среда Юрского комплекса, рассматриваемая как сложная природно-техническая система, обусловливает использование специфических требований к точности, достоверности и оперативности получаемых диагностических данных на всех стадиях [1; 2]. Стандартные методы интерпретации геофизических данных часто не позволяют однозначно дифференцировать литологические типы пород и прогнозировать фильтрационно-емкостные свойства (**ФЕС**) в межскважинном пространстве [3]. Эффективная раз-

Таблица 1. Определение величины подтверждаемости ресурсов в Юрских отложениях (пласты Ю5-12)

Параметр	P10	P50	P90
Объемный коэффициент, д.ед.	1,308	1,193	1,090
Плотность, г/см^3	0,828	0,840	0,890
Вязкость, мПа*с	0,540	1,920	4,800
Газосодержание м^3/м^3	116,00	85,85	45,10

работка пластовой системы Ю5-12 в Юрских отложениях, характеризующихся значительной латеральной и вертикальной неоднородностью, не представляется возможной без комплексного анализа ключевых параметров, определяющих ФЕС и фазовое поведение флюидов [4; 5]. Современные технологии сбора и интерпретации данных направлены на преодоление неопределенностей, связанных с каждым из этих индикаторов, и их последующую интеграцию в единую прогнозную модель [6; 7].

Исследование проводилось на основе авторского подхода, включающего анализ *PVT*-свойств пластовых флюидов, отобранных из пластов Ю5-12, оценку степени катагенетической трансформации органического вещества (**ОВ**) углистой нефтематеринской толщи (**НМТ**), определение проницаемости в соответствии с анализом керна, оценку диапазонов эффективной проницаемости по данным гидродинамических исследований скважин (**ГДИС**). Диапазоны значений $K_{пр}$, установленные по ГДИС, являются основой для зонирования пластов по продуктивности, а также планирования сетки скважин.

Анализ *PVT*-свойств пластовых флюидов, отобранных из пластов Ю5-12, включал выделение лицензионных участков, на которых располагаются пласты Ю5-12, проведение верификации данных ГБЗ, определение величины подтверждаемости ресурсов (*P*10 – оптимистический сценарий, *P*50 – медианный сценарий, *P*90 – консервативный сценарий), что отражено в табл. 1.

Исходя из приведенных данных (табл. 1), отмечается достаточно высокий уровень неопределенности в свойствах пластового флюида, что оказывает воздействие на расчет геологических и извлекаемых запасов. Крайне существенная вариация параметра вязкости нефти указывает на высокий уровень неопределенности, который влияет на прогноз продуктивности скважин и выбор систем разработки месторождений углеводородов.

На рис. 1 проиллюстрирована степень трансформации ОВ углистых НМТ.

Определение проницаемости в соответствии с анализом керна было основано на изучении ФЕС, выявленных на собственном керне, месторождений-аналогов, выделении зависимостей по пластам Ю5-12 при их наличии (рис. 2).

Сравнение данных отражает, что пласты Ю10-12 обладают наилучшими фильтрационными свойствами в отличие от пластов Ю5-9, на что указывает медианная проницаемость, которая в пластах Ю10-12 более чем в 3 раза превышает аналогичный показатель для пластов Ю5-9. При схожей емкостной характеристике (пористости) это обусловливает различный характер порового пространства, более развитую трещиноватость, лучшую отсортированность материала в Ю10-12. Высокая степень неопределенности (широкий размах значений между *P*10 и *P*90 особенно по проницаемости) подтверждает значительную неоднородность коллекторов скважин как в пределах каждого интервала, так и между отдельными пластами.

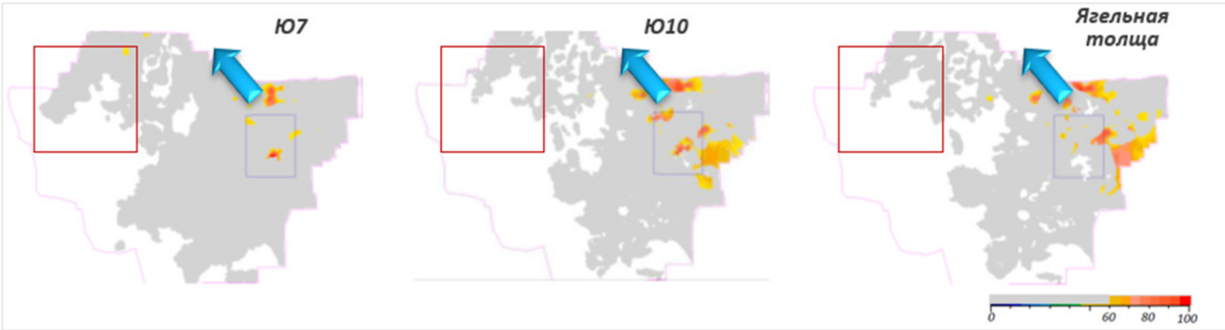

Рис. 1. Степень трансформации ОВ углистых НМТ (источник: разработано авторами)

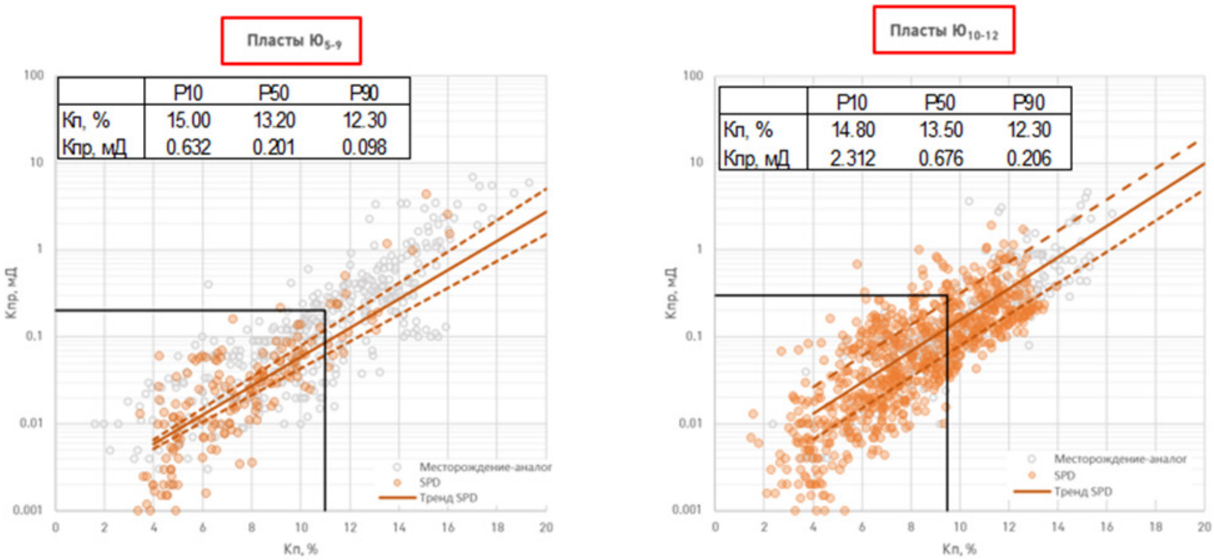

Рис. 2. Определение проницаемости в соответствии с анализом керна

По данным ГДИС на ближайших месторождениях-аналогах проницаемость изменяется от 1,7 мД до 0,001 мД (табл. 2).

Оценку качества результатов ГДИС не представляется возможным осуществить, так как отсутствуют исходные данные по исследованиям месторождений углеводородов.

В ходе проведенного исследования была подтверждена выдвинутая гипотеза. Практическая значимость работы подтверждается решением актуальной проблемы - существенного размаха в оценках ФЕС и фазового поведения флюидов в пластах Ю5-12. Авторами показано, что использование высококачественных лабораторных данных (*PVT*-анализ, проницаемость по керну) по отдельности не приводит к надежному прогнозу поведение залежи в процессе разработки месторождений углеводородов. Ключевым элементом вклада авторов является разработка и применение методики сопряженного анализа проницаемости, определенной по керну, и эффективной проницаемости, рассчитанной по результатам ГДИС. Установление количественных соотношений между этими параметрами для разных пластов (Ю5-9 и Ю10-12) выступает диагностическим инструментом для выявления и картирования зон развития естественной трещиноватости. Для низкопроницаемых пластов Ю5-9 присутствует необходимость применения методов интенсификации на начальном

Таблица 2. Оценка диапазонов Кпр по ГДИС

Месторождение	Пласт	Номер скважины	$К_{прод}$, $м^3$/(сут·мПа)	$К_{прод. уд.}$, $м^3$/(сут·мПа·м)	$К_{пр}$ по жидкости, мД
С-К	Ю5	116	0,06	0,01	0,100
С-К	Ю4	110	0,19	0,02	1,700
С-К	Ю5	200	0,25	0,04	0,017
С-К	Ю5	201	0,42	0,06	0,002
Н-Л	Ю5	107	–	–	0,001
Сев.-Демьянское	Ю5	6	0,084	0,004	0,058
Сев.-Демьянское	Ю7	561	0,075	0,012	0,092
Сев.-Демьянское	Ю7	564	0,027	0,002	0,026
Приобское	Ю6-7	22157	0,400	–	1,000
Западно-Салымское	Ю11	503	–	–	0,115

этапе разработки месторождений углеводородов, в то время как для более проницаемых пластов Ю10-12 рекомендуется использование стандартных технологий с потенциалом для размещения основных добывающих скважин.

Литература

1. Харисов, Р.А. Разработка научных основ экспресс-методов расчета характеристик прочностной безопасности оболочковых элементов трубопроводных систем в водородсодержащих рабочих средах : дис. … докт. техн. наук / Р.А. Харисов; Институт проблем транспорта энергоресурсов, 2015. – 228 с. – EDN VEBFJH.
2. Харисов, Р.А. Разработка научных основ экспресс-методов расчета характеристик прочностной безопасности оболочковых элементов трубопроводных систем в водородсодержащих рабочих средах : автореф. дис. … докт. техн. наук / Р.А. Харисов. – Уфа, 2015. – 22 с. – EDN ZPWYIZ.
3. Мишин, Д.А. Особенности организации строительства трубопроводов в нефтегазовой промышленности / Д.А. Мишин, С.В. Куровский, О.Л. Козлова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 5(188). – С. 124–127.
4. Куровский, С.В. Особенности автоматизации биотехнологических процессов в пищевой промышленности / С.В. Куровский, Д.А. Мишин, Е.О. Яценко // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2025. – № 5-2. – С. 87–92.
5. Куровский, С.В. Особенности автоматизации и управления технологическими процессами в промышленном производстве / С.В. Куровский, Д.А. Мишин, Е.О. Яценко, О.Л. Козлова // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2025. – № 6(189). – С. 86–91.
6. Куровский, С.В. Исследование эффективности применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов / С.В. Куровский, Д.А. Мишин, Н.Д. Иванов, В.А. Гафарова // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2025. – № 8(170). – С. 60–63.
7. Куровский, С.В. Задачи и методы формализации и оптимального управления цифровыми сервисами в компаниях / С.В. Куровский, Д.А. Мишин, Р.А. Штыков // Современная

наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 10-2. – С. 39–45.

References

1. Harisov, R.A. Razrabotka nauchnyh osnov ekspress-metodov rascheta harakteristik prochnostnoj bezopasnosti obolochkovyh elementov truboprovodnyh sistem v vodorodsoderzhashchih rabochih sredah : dis. … dokt. tekhn. nauk / R.A. Harisov; Institut problem transporta energoresursov, 2015. – 228 s. – EDN VEBFJH.

2. Harisov, R.A. Razrabotka nauchnyh osnov ekspress-metodov rascheta harakteristik prochnostnoj bezopasnosti obolochkovyh elementov truboprovodnyh sistem v vodorodsoderzhashchih rabochih sredah : avtoref. dis. … dokt. tekhn. nauk / R.A. Harisov. – Ufa, 2015. – 22 s. – EDN ZPWYIZ.

3. Mishin, D.A. Osobennosti organizacii stroitel'stva truboprovodov v neftegazovoj promyshlennosti / D.A. Mishin, S.V. Kurovskij, O.L. Kozlova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 5(188). – S. 124–127.

4. Kurovskij, S.V. Osobennosti avtomatizacii biotekhnologicheskih processov v pishchevoj promyshlennosti / S.V. Kurovskij, D.A. Mishin, E.O. YAcenko // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 5-2. – S. 87–92.

5. Kurovskij, S.V. Osobennosti avtomatizacii i upravleniya tekhnologicheskimi processami v promyshlennom proizvodstve / S.V. Kurovskij, D.A. Mishin, E.O. YAcenko, O.L. Kozlova // Perspektivy nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2025. – № 6(189). – S. 86–91.

6. Kurovskij, S.V. Issledovanie effektivnosti primeneniya kompozitnyh materialov dlya remonta i usileniya povrezhdennyh uchastkov neftegazovyh truboprovodov / S.V. Kurovskij, D.A. Mishin, N.D. Ivanov, V.A. Gafarova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : NTF RIM. – 2025. – № 8(170). – S. 60–63.

7. Kurovskij, S.V. Zadachi i metody formalizacii i optimal'nogo upravleniya cifrovymi servisami v kompaniyah / S.V. Kurovskij, D.A. Mishin, R.A. SHtykov // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 10-2. – S. 39–45.

Ways of Using Modern Technologies in the Development of Jurassic Deposits

S.V. Kurovsky[1], V.I. Dorofeev[2], O.L. Kozlova[3]

[1] Higher School of Education,
Odintsovo (Russia)
[2] Scientific and Educational Center Gazprom Neft – ITMO,
St. Petersburg (Russia)
[3] Krasnoznamensk City College,
Krasnoznamensk (Russia)

Key words and phrases: methods, use of modern technologies, development of Jurassic deposits, approach, development of hydrocarbon deposits.

Abstract. The purpose of this article is to present the results of the development of modern diagnostic technology in the development of Jurassic deposits. The objectives of the study are to highlight the relevance of the need to use modern technologies in the development of Jurassic deposits, describe theoretical methods and parameters, outline the results of the study, as well as the authors' contribution to the practice of developing hydrocarbon fields using modern technologies. The study hypothesis is that there is an extremely high level of uncertainty in the properties of Jurassic deposits fluids, which affects the forecast of the productivity of oil and gas wells. The results achieved in the study: the results of the development of modern diagnostic technology in the development of Jurassic deposits using PVT of the J5-12 formations, the degree of transformation of the organic matter of the carbonaceous oil source layer, permeability in accordance with core analysis, and an assessment of the ranges of effective permeability based on well testing data are presented.

УДК 339.138

Алгоритм выбора стратегии маркетинга в социальных сетях в зависимости от целей бизнеса

В.Г. Поклонский, О.Л. Козлова

ЧУПО «Краснознаменский городской колледж», г. Краснознаменск (Россия)

Ключевые слова и фразы: маркетинг в социальных сетях; стратегия маркетинга; бизнес-цели; социальная коммерция; социальный контент; социальный мониторинг; взаимоотношение с клиентами.

Аннотация. Цель исследования – обоснование алгоритма выбора стратегии маркетинга в социальных сетях в зависимости от бизнес-целей и возможностей компании. Задачи: рассмотреть основные стратегии маркетинга в социальных сетях; вывести уроки для маркетинга в социальных сетях; разработать авторскую модель с учетом бизнес-целей. Гипотеза: учет целей бизнеса в рамках выбора стратегии маркетинга в социальных сетях снижает разрыв между целями бизнеса и реализацией маркетинговых кампаний. Научная новизна заключается в систематизации стратегий маркетинга в социальных сетях по типам взаимодействия и стратегической направленности. Методы: библиометрический и содержательный анализ научных публикаций, сравнительный анализ стратегий, построение алгоритма. Достигнутые результаты отражают логику взаимосвязи бизнес-целей и стратегического выбора, что позволяет компаниям принимать более обоснованные решения при планировании маркетинговых кампаний в социальных сетях. Практическая значимость исследования заключается в создании концептуального инструмента, который может помочь бизнесу согласовать цели, ресурсы и формат коммуникации с аудиторией.

Актуальность стратегии маркетинга в социальных сетях подтверждается скачкообразным ростом научных и прикладных работ последнего десятилетия, концентрацией исследований вокруг платформенных трендов и данных, а также смещением фокуса на измеримые эффекты для бизнеса [7]. Основная литература долгое время оставалась фрагментированной по отдельным поведенческим аспектам компаний [3]. Однако предлагаются классификации стратегий маркетинга в социальных сетях, учитывающие ключевые организационные факторы [5] или поддержку и наращивание капитализации бренда [4]. Кроме того, указывается связь стратегии маркетинга в социальных сетях с цифровым

Таблица 1. Основные выводы для маркетинга в социальных сетях

Стратегия	Цель бизнеса	Основные направления	Основные риски
Социальная коммерция	Прирост продаж и трафика	Рекламные сообщения с ясной информацией и умеренным развлекательным элементом, синергия с другими каналами	Навязчивость рекламы и нарушение приватности вызывают негатив
Социальный контент	Повышение узнаваемости и репутации бренда	Актуальные и выразительные публикации, участие ключевых участников сетей, соответствие формату площадки	Слабый отклик при неудачном контенте и неучтенном контексте
Социальный мониторинг	Удовлетворенность клиентов и получение рыночных сигналов	Быстрая реакция, уместный тон общения, корректная работа с жалобами	Медленные и формальные ответы усиливают негативное восприятие
Социальный CRM	Удержание и совместное создание ценности	Персонализированные обращения, объединение данных и знаний, вовлечение клиентов в развитие продукта	Сложность интеграции данных и риск неуместного распространения информации

маркетинг-миксом и ориентацией на инвестиции [1], также описаны методические лакуны и практические процедуры взаимодействия с аудиторией [2].

Маркетинговые стратегии в социальных сетях представляют собой «нематериальную выгоду, связанную с целями маркетинговой коммуникации» [6]. На основании последних обзоров литературы предлагается выделить 4 основных типа стратегии маркетинга в социальных сетях (табл. 1).

Стратегия на основе социальной коммерции. Данная стратегия рассматривает маркетинг в социальных сетях как канал продаж и продвижения: платформа обеспечивает быстрый контакт с покупателем, доступ к первичной информации и короткий цикл отклика. Цель ориентирована на привлечение транзакционного интереса и прирост продаж в рамках кампаний, взаимодействие имеет односторонний характер, вклад клиента сводится к отклику на предложение и покупке.

Стратегия на основе социального контента. Данная стратегия исходит из принципа «ценность сообщения важнее прямого продвижения продукта», когда компания создает и транслирует материалы, которые соответствуют потребностям аудитории и формируют осведомленность, популярность и положительное распространение сообщений. Коммуникация здесь двусторонняя, инициатива публикации принадлежит компании, ответ выражается в реакциях и обсуждениях, что приводит к росту вовлеченности и последующему спросу.

Стратегия на основе социального мониторинга. Данная стратегия предполагает «слушать и отвечать» на всей траектории общения с клиентами – компания наблюдает за обсуждениями, интерпретирует сигналы и дает своевременные ответы, что укрепляет удовлетворенность и отношения и одновременно обеспечивает рыночные инсайты для решений в маркетинге. Для реализации стратегии требуются процессы быстрой обработки сообщений, анализ тональности, готовность к корректной работе с негативными реакциями и сообщениями из уст в уста (*WoM*).

Стратегия на основе социального CRM. Данная стратегия объединяет преимущества измерения социальных сетей и измерения *CRM*, когда данные из социальных сетей

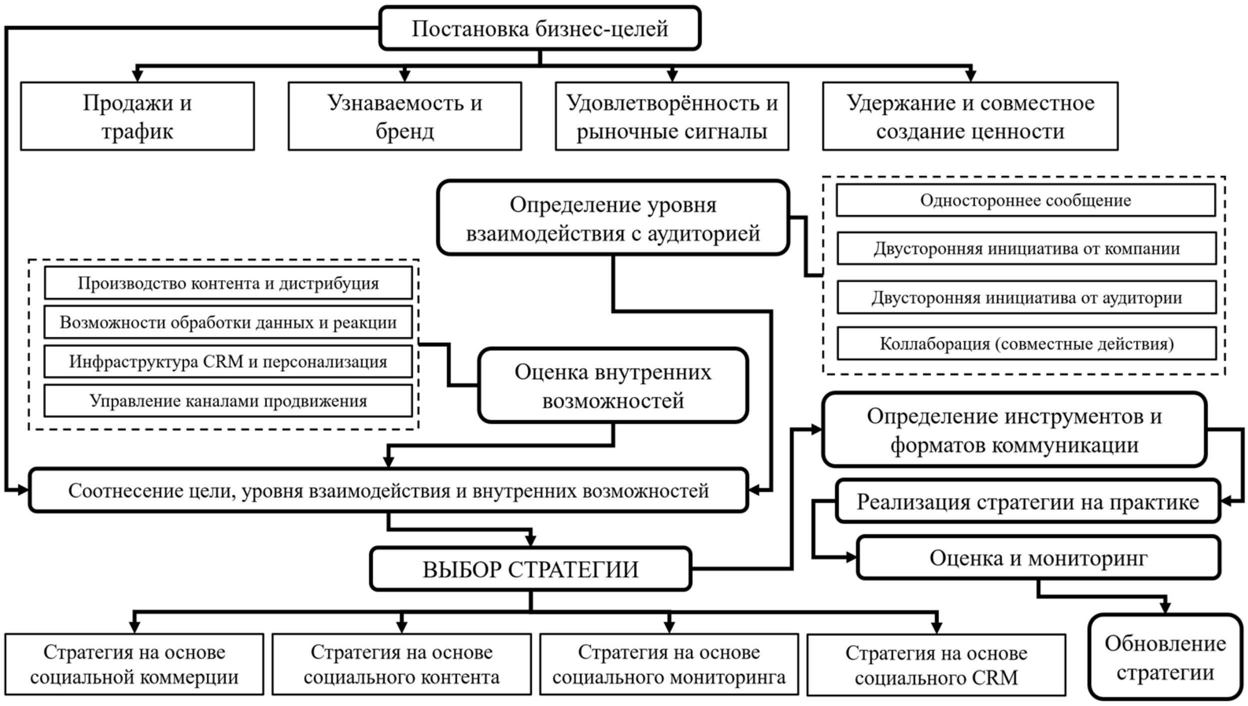

Рис. 1 Модель алгоритма выбора стратегии маркетинга в социальных сетях в зависимости от целей бизнеса

соединяются с записями клиентов, что формирует условия для персонализации, совместного создания ценности и роста долгосрочных показателей. Взаимодействие здесь носит характер коллаборации, клиенты выступают активными участниками, предоставляют знания и идеи, тогда как компания накапливает и интегрирует информацию ради улучшений продукта и сервиса.

Однако, несмотря на преимущества каждого из этих четырех типов стратегий маркетинга в социальных сетях, выбрать наиболее эффективную не так просто. В связи с этим предлагается Модель алгоритма выбора стратегии маркетинга в социальных сетях в зависимости от целей бизнеса (рис. 1).

Предлагаемая модель – последовательность взаимосвязанных решений, которые формируют целостный стратегический цикл. Отправной точкой служит определение бизнес-целей, так как именно они задают ориентацию всего процесса – если целеполагание направлено на стимулирование продаж и трафика, уровень взаимодействия остается односторонним; при приоритете узнаваемости и репутации используется двусторонняя инициатива от компании; при акценте на удовлетворенность и рыночные сигналы инициатива принадлежит аудитории; если же ключевой задачей становится удержание и совместное создание ценности, взаимодействие приобретает характер коллаборации. Следующий шаг связан с оценкой внутренних возможностей компании, включающей производство и распространение контента, обработку данных и обратной связи, а также наличие инфраструктуры для персонализации и управления каналами продвижения.

Все эти параметры сходятся в центральном узле алгоритма, в котором происходит соотнесение целей, уровня взаимодействия и возможностей, что позволяет принять решение о выборе стратегии маркетинга в социальных сетях – на основе социальной коммерции, на основе социального контента, на основе социального мониторинга или на основе социального *CRM*. Далее определяются инструменты и форматы коммуникации, после чего следует этап реализации кампаний в социальных сетях. Завершающим элементом алгоритма выступают оценка результатов, мониторинг и коррекция, включая анализ показателей эффективности, сравнение эффектов с целями и возврат к этапу постановки целей.

Результаты исследования показывают, что выбор стратегии маркетинга в социальных сетях основан на соотнесении целей бизнеса, уровня взаимодействия с аудиторией и организационных возможностей. Предложенная типология стратегий отражает последовательные стадии стратегической зрелости. Авторская модель алгоритма выбора стратегии маркетинга в социальных сетях в зависимости от целей бизнеса задает управленческую основу для гибкой адаптации к рыночной среде и динамике поведения пользователей. Практическая ценность заключается в снижении разрыва между целями и реализацией кампаний, что подтверждает выдвинутую в начале исследования гипотезу.

Литература

1. Бакеева, Г.С. Методы и инструменты продвижения бизнеса в социальных сетях / Г.С. Бакеева // Вестник науки. – 2024. – Т. 3. – № 12(81). – С. 78–94.
2. Шевченко, Д.А. SMM (маркетинг в социальных сетях): стратегия и тактика / Д.А. Шевченко // Практический маркетинг. – 2022. – № 8(305). – С. 3–11.
3. Bartoloni, S. Twenty years of social media marketing: A systematic review, integrative framework, and future research agenda / S. Bartoloni, C. Ancillai // International Journal of Management Reviews. – 2024. – Vol. 26. – No. 3. – P. 435–457.
4. Dubbelink, S.I. Social media marketing as a branding strategy in extraordinary times: Lessons from the COVID-19 pandemic / S.I. Dubbelink, C. Herrando, E. Constantinides // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – No. 18. – P. 1–21.
5. Jami Pour, M. Exploring and evaluating success factors of social media marketing strategy: a multi-dimensional-multi-criteria framework / M. Jami Pour, M. Hosseinzadeh, H. Amoozad Mahdiraji // Foresight. – 2021. – Vol. 23. – No. 6. – P. 655–678.
6. Rosário, A.T. Marketing strategies on social media platforms / A.T. Rosário, J.C. Dias // International Journal of E-Business Research (IJEBR). – 2023. – Vol. 19. – No. 1. – P. 1–25.
7. Shaheen, H. Social media marketing research: a bibliometric analysis from Scopus / H. Shaheen // Future Business Journal. – 2025. – Vol. 11. – No. 1. – P. 1–26.

References

1. Bakeeva, G.S. Metody i instrumenty prodvizheniya biznesa v social'nyh setyah / G.S. Bakeeva // Vestnik nauki. – 2024. – T. 3. – № 12(81). – S. 78–94.
2. SHevchenko, D.A. SMM (marketing v social'nyh setyah): strategiya i taktika / D.A. SHevchenko // Prakticheskij marketing. – 2022. – № 8(305). – S. 3–11.

An Algorithm for Choosing a Social Media Marketing Strategy Based on Business Goals

V.G. Poklonsky, O.L. Kozlova

Krasnoznamensk City College,
Krasnoznamensk (Russia)

Key words and phrases: social media marketing; marketing strategy; business goals; social commerce; social content; social monitoring; customer relationship.

Abstract. The goal – to substantiate the algorithm for choosing a social media marketing strategy, depending on the business goals and capabilities of the company. Objectives: to consider the main strategies of social media marketing; to draw lessons for social media marketing; to develop an author's model taking into account business goals. Hypothesis: taking into account business goals in the context of choosing a social media marketing strategy reduces the gap between business goals and the implementation of marketing campaigns. The scientific novelty lies in the systematization of social media marketing strategies by type of interaction and strategic orientation. Methods: bibliometric and content analysis of scientific publications, comparative analysis of strategies, algorithm construction. The results achieved reflect the logic of the relationship between business goals and strategic choice, which allows companies to make more informed decisions when planning marketing campaigns on social networks. The practical significance of the research lies in the creation of a conceptual tool that can help businesses coordinate goals, resources, and communication format with the audience.

List of Authors

Халиулина О.В. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: khaliylina.0@gmail.com

Khaliulina O.V. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: khaliylina.0@gmail.com

Акристиний В.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры организации строительства и управления недвижимостью Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: 7824666@mail.ru

Akristiny V.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Construction Organization and Real Estate Management, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: 7824666@mail.ru

Колодезникова А.Н. – доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск (Россия), e-mail: Anika20052009@mail.ru

Kolodeznikova A.N. – Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk (Russia), e-mail: Anika20052009@mail.ru

Иванов В.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск (Россия), e-mail: Anika20052009@mail.ru

Ivanov V.N. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk (Russia), e-mail: Anika20052009@mail.ru

Шайкин Д.В. – магистрант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: mr.student2345@gmail.com

Shaykin D.V. – Master's Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: mr.student2345@gmail.com

Лепилов В.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: Ilichv7@gmail.com

Lepilov V.I. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Energy Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: Ilichv7@gmail.com

Обиднов И.А. – магистрант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: obidnov.ilya@bk.ru

Obidnov I.A. – Master's Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: obidnov.ilya@bk.ru

Жупанов А.И. – магистрант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: Alex.jypanov@gmail.com

Zhupanov A.I. – Master's Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: Alex.jypanov@gmail.com

Жупанова А.И. – студент Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: a-zhupanova@list.ru

Zhupanova A.I. – Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: a-zhupanova@list.ru

Коноваленко А.А. – ассистент кафедры энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: artyom.konovalenko34@yandex.ru

Konovalenko A.A. – Lecturer, Department of Energy Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: artyom.konovalenko34@yandex.ru

Шаломова Е.В. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков профессиональной коммуникации Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир (Россия), e-mail: shalomova2013@mail.ru

Shalomova E.V. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Foreign Languages of Professional Communication, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia), e-mail: shalomova2013@mail.ru

Князев Р.В. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир (Россия), e-mail: roman.kn05@mail.ru

Knyazev R.V. – Master's Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia), e-mail: roman.kn05@mail.ru

Юшкин Е.И. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир (Россия), e-mail: nekita.yushkin.1999@bk.ru

Yushkin E.I. – Master's Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia), e-mail: nekita.yushkin.1999@bk.ru

Голубев А.С. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир (Россия), e-mail: artem.golubev.2003@inbox.ru

Golubev A.S. – Master's Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia), e-mail: artem.golubev.2003@inbox.ru

Ежов Д.П. – магистрант Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир (Россия), e-mail: dima2015cw@mail.ru

Yezhov D.P. – Master's Student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir (Russia), e-mail: dima2015cw@mail.ru

Забелина О.Б. – кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: kafedra_spps@mail.ru

Zabelina O.B. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: kafedra_spps@mail.ru

Вокуев Д.Р. – главный специалист отдела развития инфраструктуры Трансмашхолдинга, г. Москва (Россия), e-mail: vokuev1996@inbox.ru

Vokuev D.R. – Chief Specialist, Infrastructure Development Department of Transmashholding, Moscow (Russia), e-mail: vokuev1996@inbox.ru

Киселев И.О. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: 9852418568@mail.ru

Kiselev I.O. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: 9852418568@mail.ru

Галиева А.И. – преподаватель кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: Alinagalieva18@yandex.ru

Galieva A.I. – Lecturer, Department of Computer Science and Engineering Cybernetics, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: Alinagalieva18@yandex.ru

Галиева Г.И. – ассистент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: galieva2802@mail.ru

Galieva G.I. – Lecturer, Department of Computer Science and Engineering Cybernetics, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: galieva2802@mail.ru

Дмитриев В.Г. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: dmitrievova@yandex.ru

Dmitriev V.G. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Computer Science and Engineering Cybernetics, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: dmitrievova@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

Баязитов Ф.А. – ассистент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: fanur-bayazitov@mail.ru

Bayazitov F.A. – Lecturer, Department of Computer Science and Engineering Cybernetics, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: fanur-bayazitov@mail.ru

Нефедов А.Д. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: artemlokko1@yandex.ru

Nefyodov A.D. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: artemlokko1@yandex.ru

Шевцов Е.И. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: shevtsoveivlg@gmail.com

Shevtsov E.I. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: shevtsoveivlg@gmail.com

Симаков В.С. – аспирант Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: p.o.t.u@mail.ru

Simakov V.S. – Postgraduate Student, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: p.o.t.u@mail.ru

Азаров В.Н. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия). azarovpubl@mail.ru

Azarov V.N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Life Safety in Construction and Municipal Economy, Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: azarovpubl@mail.ru

Капустин А.М. – заведующий научно-исследовательской лабораторией по научной теме гос. задания, доцент кафедры истории архитектуры и градостроительства Московского архитектурного института (государственной академии), г. Москва (Россия), e-mail: a.kapustin@archclassic-center.ru

Kapustin A.M. – Head of the Research Laboratory for the Scientific Topic of the State Assignment, Associate Professor of the Department of History of Architecture and Urban Planning of the Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow (Russia), e-mail: a.kapustin@archclassic-center.ru

Сухинина Л.Н. – кандидат архитектуры, Московский архитектурный институт (государственная академия), г. Москва (Россия), e-mail: e.belova@archclassic-center.ru

Sukhinina L.N. – Candidate of Architecture, Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow (Russia), e-mail: e.belova@archclassic-center.ru

Зорин В.Д. – кандидат технических наук, доцент кафедры цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве Волгоградского государственного технического университета; генеральный директор ООО “ВолгаТЭКинжиниринг”, г. Волгоград (Россия), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Zorin V.D. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Digital Technologies in Urban Studies, Architecture, and Construction, Volgograd State Technical University; General Director, VolgaTEKinzhenering LLC, Volgograd (Russia), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Бобер М.В. – соискатель Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Bober M.V. – Applicant Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Золотоверхов М.Ю. – соискатель Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Zolotoverkhov M.Yu. – Applicant Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Филоновская В.Е. – соискатель Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград (Россия), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Filonovskaya V.E. – Applicant Volgograd State Technical University, Volgograd (Russia), e-mail: zorinvdi@yandex.ru

Разяпов Р.В. – старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и мостов Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: ol.asi@yandex.ru

Razyapov R.V. – Senior Lecturer, Department of Highways and Bridges, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: ol.asi@yandex.ru

Глазачев А.О. кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильных дорог и мостов Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа (Россия), e-mail: anton.glazachev@mail.ru

Glazachev A.O. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Highways and Bridges, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa (Russia), e-mail: anton.glazachev@mail.ru

Наумов А.Е. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: kpi1t@ya.ru

Naumov A.E. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Real Estate Expertise and Management, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod (Russia), e-mail: kpi1t@ya.ru

Павлов С.Ю. – кандидат юридических наук, доцент кафедры финансового и административного права Уфимского университета науки и технологий, г. Уфа (Россия), e-mail: pavlovsy@rambler.ru

Pavlov S.Yu. – Candidate of Legal Sciences, Associate Professor, Department of Financial and Administrative Law, Ufa University of Science and Technology, Ufa (Russia), e-mail: pavlovsy@rambler.ru

Куровский С.В. – руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово (Россия), e-mail: 8917564@gmail.com

Kurovsky S.V. – Head of the Research and Development Department, Higher School of Education, Odintsovo (Russia), e-mail: 8917564@gmail.com

Дорофеев В.И. – главный специалист по разработке месторождений Управления инжиниринговых проектов «Газпром нефть – ИТМО», г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: dorofeev466@gmail.com

Dorofeev V.I. – Chief Specialist for Field Development, Engineering Projects Department, Gazprom Neft-ITMO, St. Petersburg (Russia), e-mail: dorofeev466@gmail.com

Козлова О.Л. – кандидат экономических наук, доцент, директор Краснознаменского городского колледжа, г. Краснознаменск (Россия), e-mail: OLKozlova2017@mail.ru

Kozlova O.L. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Director, Krasnoznamensk City College, Krasnoznamensk (Russia), e-mail: OLKozlova2017@mail.ru

Поклонский В.Г. – индивидуальный предприниматель, г. Волгоград (Россия), e-mail: poklonskiytv@gmail.com

Poklonsky V.G. – Individual Entrepreneur, Volgograd (Russia), e-mail: poklonskiytv@gmail.com

COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS
№ 12(114) 2025
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Manuscript approved for print 20.12.25
Format 60.84/8
Conventional printed sheets 12.55
Published pages 5.15
200 printed copies

16+

NTF RIM LLC