

МАТЕРИАЛЫ
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова»
(УрГАХУ)

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

МАТЕРИАЛЫ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

12–13 ноября 2026 г.

ЕКАТЕРИНБУРГ
2026

УДК 004(72)
ББК 30.2-5-05
Н76

Н76 Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы IX Международной научно-практической конференции,12–13 ноября 2026 г. / науч. ред. Г.Б. Захарова. – Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Печать ИП Чичадеев 2026. – 130 с.

ISBN 978-5-6054238-7-4

Материалы IX Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве» ориентированы на специалистов, заинтересованных в применении информационных технологий в таких сферах деятельности, как архитектура, строительство, урбанистика, дизайн, искусство.

В сборнике отражено развитие междисциплинарных подходов в эпоху цифровизации за счет обмена результатами исследований и опытом применения передовых информационных технологий, в том числе, в организации процесса подготовки специалистов, внедрении ИТ в образовательный процесс творческого вуза.

Тематика конференции:

- ИТ в архитектуре, строительстве, урбанистике, дизайне и искусстве;
- BIM-технологии на всех этапах жизненного цикла строительного объекта;
- технологии умного города;
- искусственный интеллект в архитектуре, строительстве, дизайне;
- технологии дополненной и виртуальной реальности AR/VR;
- Green BIM-технологии, энергоэффективность, ресурсосбережение и охрана окружающей среды в строительной отрасли;
- ИТ в создании безопасной и комфортной городской среды и устойчивое развитие территорий;
- экспертиза и управление в строительстве с применением ИТ;
- ИТ в образовании в архитектурно-строительной сфере;
- новые цифровые педагогические технологии в творческом образовании.

Научный редактор:
Захарова Г.Б., канд. тех. наук, доц., УрГАХУ, Екатеринбург.
Редакционная коллегия выпуска:
Бурганов А. Д., м.н.с. УрГАХУ, Екатеринбург;
Дар В. В., н.с. УрГАХУ, Екатеринбург;
Романов А. С., м.н.с. УрГАХУ, Екатеринбург;
Семенов А. А., д-р тех. наук, доц., СПбГАСУ, Санкт-Петербург.

ISBN 978-5-6054238-7-4

УДК 004 (72)
ББК 30.2-5-05

© Коллектив авторов, 2026
© Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, 2026
© ИИЦ «Знак качества»

СОДЕРЖАНИЕ

ДОКЛАДЫ УЧЕНЫХ

Bao Yifu. Digital Risk Assessment of Civil Structures under Extreme Climate Conditions
Бао Ифу. Цифровая оценка рисков для гражданских сооружений в экстремальных климатических условиях...11

Guerri Mouna. Advanced HVAC strategies for sustainable buildings: innovation, performance, and the future of green architecture
Геррu Муна. Передовые стратегии в проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования для экологичных зданий...12

Jiaxin LI, Qing Jiang, Fomin N.I. Image fidelity and mechanical screening in text guided structural plan generation
Цзясинь Ли, Цин Цзян, Фомин Н.И. Точность воспроизведения изображения и механическое растрирование при генерации структурных планов на основе текстовых указаний...13

Yan Shoudao, Zhao Mengse. Quantifying carbon dioxide emissions via BIM: interlinking construction waste with material consumption – main trends
Янь Шоудао, Чжао Мэнсэ. Количественная оценка выбросов углекислого газа с использованием BIM: взаимосвязь строительных отходов и потребления материалов — основные тенденции...14

Zhao Mengsen, Yan Shoudao. Digital decision support for repair selection in precast reinforced concrete connections
Чжао Мэнсэнь, Янь Шоудао. Цифровая поддержка принятия решений при выборе способа ремонта соединений сборных железобетонных конструкций...15

Ахматова Н.П., Мазгалева А.В., Бик Ю.И., Приданова О.В., Бобыльская В.А. Эффективность использования звукоизолирующих конструкций на основе рециклинга автомобильных шин
Akhmatova N.P., Mazgaleva A.V., Bik Yu.I., Pridanova O.V., Bobylskaya V.A. Efficiency of using sound-insulating structures based on recycled car tire...16

Ахматова Н.П., Мазгалева А.В., Бик Ю.И., Приданова О.В., Кофеева В.Н. Сравнительный анализ шумозащитных экранов, изготовленных из переработанных материалов
Akhmatova N.P., Mazgaleva A.V., Bik Yu.I., Pridanova O.V., Kofeeva V.N. Comparative analysis of noise barriers made from recycled materials...17

Базаева Е.Д. Синергия зеленых технологий в архитектуре: энергоэффективность и ресурсосбережение как основа устойчивых решений
Bazaeva E.D. Synergy of green technologies in architecture: energy efficiency and resource conservation as the foundation for sustainable solutions...18

Ваулин Н.С. Структурная регулярность документов территориального планирования как основа для эффективного применения правило-ориентированных методов извлечения информации
Vaulin N.S. Structural regularity of territorial planning documents as a basis for effective application of rule-based information extraction methods...19

Велижанин И.А. Роль нейросетей в оперативной визуализации архитектурных решений на стадии концепции
Velizhanin I.A. The role of neural networks in rapid visualization of architectural solutions at the concept stage...20

Геворкян А.К., Сербин С.А., Фомин Н.И. Двухэтапная методика обнаружения проектно-строительных пересечений на этапах проектирования и строительства
Gevorkyan A.C., Serbin S.A., Fomin N.I. A two-stage methodology for identifying design-construction clashes during the design and construction phases...21

Голубева Е.А. Коммуникативный подход цифровой драматургии к проектированию коммерческих пространств
Golubeva E.A. The communicative approach to digital dramaturgy in commercial spaces...22

Горовой Н.В. Риски и последствия строительства объектов без разработки проектной документации
Gorovoi N.V. Risks and Consequences of Constructing Facilities Without the Development of Design Documentation...23

Гуров А.В., Мальцева И.Н. Цифровая реконструкция утраченных элементов монументальной скульптуры, как элемента парковой архитектуры
Gurov A.V., Maltseva I.N. Digital reconstruction of lost elements of monumental sculpture as a component of park architecture....24

Дар В.В. Преимущества и перспективы применения ГИС-технологий в градостроительном проектировании
Dar V.V. The advantages and prospects of using GIS technologies in urban planning....25

Дробченко Н.В. ГИС-технологии в оценке и приоритизации зеленой инфраструктуры аридного города
Drobchenko N.V. GIS technologies for assessment and prioritization of green infrastructure in an arid city....26

Душкин Р.В., Душкин К.Р., Лапаева В.А. Многоагентный функциональный цифровой двойник системы микроклимата интеллектуального здания для адаптивного управления инженерным оборудованием
Dushkin R.V., Dushkin K.R., Lapaeva V.A. Multi-Agent Functional Digital Twin for Adaptive HVAC Control in Intelligent Buildings....27

Згода Ю.Н., Уляшева В.М. Особенности применения искусственного интеллекта при подготовке электронных наглядных пособий для систем отопления и вентиляции
Zgoda Iu.N., Ulyasheva V.M. Specificsof artificial intelligence application in the development of digital visual aidsfor heating and ventilation systems....28

Зыкова Н.Г. Будущее архитектурного образования в эпоху ИИ: вызовы и возможности
Zykova N.G. The future of architectural education in the age of AI: challenges and opportunities....29

Карпунин В.Г. Компьютерные модели строительных конструкций в выпускных квалификационных работах студентов УрГАХУ
Karpunin V.G. Computer Models of Building Structures in Final Qualifying Works of Students at USUAA....30

Кизилова С.А. Новейшие стратегии пространственной организации экоустойчивых быстровозводимых поселений
Kizilova S.A. Newest spatial organization strategies for eco-sustainable, rapidly deployable settlements....31

Клековкин Е.А. Оценка технологичности строительных конструкций по данным информационных моделей на основе внешнего источника данных
Klekovkin E.A. Assessment of the manufacturability of building structures based on data from information models using an external data source....32

Колмаков А.В., Игнатьева В.О. Методика проектирования зрительных залов: требования к 2D-инструментам
Kolmakov A.V., Ignatyeva V.O. Methodology for designing auditoriums: requirements for 2D tools....33

Комарова М.Н. Архитектурные решения эстакады в проекте реконструкции улично-дорожной сети в Екатеринбурге к ЧМ-2018 по футболу
Komarova M.N. Overpass Architectural Solutionsin a Road Network Reconstruction Project in Yekaterinburg for the 2018 FIFA World Cup....34

Кондратьев С.О. Анализ корреляции крена конструкций при геотехническом мониторинге
Kondratev S.O. Structural tilt correlation analysis during geotechnical monitoring....35

Коновалов Д.В., Лузенина И.Б., Мохов И.Э., Селиверстов А.С. Алгоритмы цифрового моделирования секционных криволинейных оболочек покрытия
Konovalov D.V., Luzenina I.B., Mokhov I.E., Seliverstov A.S. Algorithms for digital modelling of sectional curved roof shells....36

Коротич А.В. Формообразование новых типов составных квазимногогранников из гиперболических модулей
Korotich A.V. Shape-forming of a new types of composite quasi-polyhedrons combined from hyperbolic modules...37

Кошма О.В., Семенов А.А. Способы конечно-элементного моделирования подкрепленных цилиндрических панелей и их сопоставление с полуаналитическим решением
Koshma O.V., Semenov A.A. Finite Element Modeling Approaches for Stiffened Cylindrical Panels and Their Comparison with a Semi-Analytical Approach....38

Кривелева Э.Ш. Предметные знания как основа осознанного применения генеративного ИИ в архитектурном образовании

Kriveleva E.Sh. Subject Knowledge as a Means of Verifying Generative AI Outputs in Architectural Education.....39

Кузьмина Л.И., Осипов Ю.В., Жуков Н.Н. Цифровая томография в задачах идентификации параметров фильтрационных моделей пористых сред
Kuzmina L.I., Osipov Yu.V., Zhukov N.N. Digital tomography for identifying parameters of filtration models inporous media.....40

Кузнецова О.Г. ТИМ в структуре учебной дисциплины вуза
Kuznetsova O.G. BIM in the structure of a university the academic discipline.....41

Куртыгин В.С. Оптимизация перекрестка с учетом пешеходных потоков на основе глубокого обучения с подкреплением
Kurtygin V.S. Intersection optimization with pedestrian flows using deep reinforcement learning.....42

Мазгалева А.В., Ахматова Н.П., Бобыльская В.А., Кофеева В.Н., Приданова О.В. Разработка составов грунтобетона для оснований дорожных одежд с использованием хризотилцементных отходов и золошлаковых смесей
Mazgaleva A.V., Akhmatova N.P., Bobylskaya V.A., Kofeeva V.N., Pridanova O.V. Development of soil-concrete formulations for road pavement bases using asbestos-cement waste and ash-slag mixtures.....43

Максатова А.М. Применение искусственного интеллекта в сохранении и реконструкции народного архитектурного наследия ветвей Великого шелкового пути
Maksatova A.M. Application of artificial intelligence in the preservation and reconstruction of vernacular architectural heritage along the routes of the great silk road.....44

Маликова Е.А., Слепнев П.А. Структурная организация территорий техногенных отвалов для их устойчивого развития
Malikova E.A., Slepnev P.A. Structural Organization of Technogenic Dump Territories for Their Sustainable Development.....45

Миронова Н.С. Цифровизация творческого дополнительного профессионального образования
Mironova N.S. Digitalisation of creative continuing professional education.....46

Михайленко К.А., Заболотских С.А., Юдин К.А., Колмаков А.В. Выбор программного обеспечения для оценки звукоизоляции межквартирных перегородок
Mikhailenko K.A., Zabolotskikh S.A., Yudin K.A., Kolmakov A.V. Choosing software for assessing the sound insulation of inter-apartment partitions.....47

Мухаркина А.А. Цифровая компетенция архитектора в контексте BIM: уточнение понятия
Mukharkina A.A. Architect's digital competence in the context of BIM: refining the concept.....48

Наумов К.А., Мальцева И.Н. Искусственный интеллект в дизайне и архитектуре
NaumovK.A., Maltseva I.N. Artificial intelligence in design and architecture.....49

Новик В.А., Бовтеев С.В. Проблемы применения нормативных требований к информационному моделированию в проектировании и строительстве
Novik V.A., Bovteev S.V. Challenges in applying regulatory requirements for building information modeling in design and construction.....50

Плужникова С.Э. Вертикальное компенсаторное озеленение: от древних садов к советскому авангарду
Pluzhnikova S.E. Vertical compensatory greenery: from ancient gardens to the soviet avant-garde.....51

Рожков А.Н. Маршрутизация в цифровых двойниках зданий на основе эпсилон-сетей
Rozhkov A.N. Routing in building digital twins based on epsilon-nets.....52

Семенова В.А. Планировочные структуры малого индустриального здания объекта лайт-индастриал
Semenova V.A. The planning structures of a small industrial building of the light-industry facility.....53

Скворцов А.В. Матрица пространств в моделировании городской среды
Skvortcov A.V. The Space Matrix in Urban Environment Modeling.....54

Собенина Е.Ю., Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Васильева А.М. Особенности пространственной модели градостроительного освоения территории Челябинской области

Sobenina E.U., Olenkov V.D., Kolmogorova A.O., Vasilieva A.M. Features of the spatial model of urban development in the Chelyabinsk region.....55

Соколов М.А., Фомин Н.И. Система автоматизированного контроля для идентификации дефектов конструктивно-технологических решений в разделе «Конструкции металлические деталировочные»
Sokolov. M.A., Fomin N.I. Artificial Intelligence-Based Identification of Defects in Structural and Technological Solutions of Steel Detailing Documentation.....56

Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Дмитриев В.О. К вопросу оценки влияния комплексной добавки на свойства материала с керамической матрицей
Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A., Dmitriev V.O. Assessment of the influence of a complex additive on the properties of ceramic matrix materials.....57

Трубникова И.С. Этика и авторство при использовании ИИ в архитектурных проектах учебных заданий
Trubnikova I.S. Ethics and authorship in the use of AI in architectural design assignments.....58

Уморина Ж.Э. Параметрическое мышление как новая грамотность в архитектурном образовании
Umorina Z.E. Parametric thinking as a new literacy in architectural education.....59

Уморина Ж.Э. Предварительная фиксация проектного решения: эскизная стадия в цифровой среде архитектурного образования
Umorina Z.E. Premature fixation of the design solution: the sketching stage in the digital environment of architectural education.....60

.
Хлопотова В.С., Маркин А.И. Облачная VR-платформа для коллективного анализа BIM-моделей в архитектурно-строительном образовании
Khlopotova V.S., Markin A.I. Cloud VR platform for collaborative BIM model analysis in architectural and construction education.....61

Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В. Моделирование входных декоративных элементов в программе Renga
Khusainov D.Z., Khusainova G.V., Sagaradze I.V. Modeling of the entrance decorative pieces in Renga.....62

Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В. Моделирование витражных систем в программе Renga
Khusainov D.Z., Khusainova G.V., Sagaradze I.V. Curtain walls modelling in renga.....63

Хусаинова Г.В., Хусаинов Д.З., Сагарадзе И.В. Моделирование сложных винтовых лестниц в программе Renga
Khusainov D.Z., Khusainova G.V., Sagaradze I.V. Modeling of complex spiral staircase in Renga.....64

Чебыкин Г.П. Формирование отечественной методики расчета и проектирования поперечных связей стальных балок
Chebykin G.P. Formulation of a National Methodology for Analysis and Design of Torsional Bracing of Steel Beams...65

Чудакова С.А., Бакаева Н.В. Кластерная модель типологии общественных территорий историко-культурного ландшафта малых сельских поселений горных регионов
Chudakova S.A., Bakaeva N.V. The cluster model of typology of public territories in the historical and cultural landscape of small rural settlements in mountainous regions.....66

Чуманов А.А., Романов А.С. Инструменты формирования строительных поверхностей объектов культурного наследия в системах NanoCAD и Model Studio CS
Chumanov A.A., Romanov A.S. Tools for forming construction surfaces of cultural heritage sites in NanoCad and Model Studio CS Systems.....67

Шатохин В.Н., Ермолин Д.С. Программный комплекс для моделирования горизонтального резервуара
Shatokhin V.N., Ermolin D.S. Software suite for modeling a horizontal tank.....68

Якупов Н.М. Разработка инвертора напряжения для беспроводной зарядки электромобилей с интеграцией в систему управления умным домом
Yakupov N.M. Development of a Voltage Inverter for Wireless Electric Vehicle Charging with Integration into a Smart Home Control System.....69

Якупов Н.М. Реализация метода системы контроля утечки магнитного поля для безопасной беспроводной зарядки в умном доме

Yakupov N.M. Implementation of a magnetic field leakage control system method
for safe wireless charging in a smart home....70

Якупов Н.М. Система мониторинга магнитного поля для беспроводной зарядки электромобилей в умном доме
Yakupov N.M. Magnetic field monitoring system for wireless electric vehicle charging in a smart home....71

ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ

Авагян С.А. Принципы автоматизации формирования исполнительной документации на основе ЦИМ ОКС
Avagyan S.A. Principles for automating as-built documentation generation based
on a digital information model of a capital construction project....72

Аверина А.С. BIM-моделирование объектов русского деревянного зодчества
на примере Успенской церкви 1911 г. в деревне Занина
Averina A.S. BIM modeling of Russian wooden architecture objects using the example
of the Assumption Church in 1911 in the village of Zanina....73

Базовой И.В., Черняков С.Р. Исследование применения полимербетонных покрытий
для защиты гидротехнических сооружений от биологических повреждений
Bazovoy I.V., Chernyakov S.R. Study of the application of polymer concrete coatings
for protecting hydraulic structures from biological damage....74

Берковский Ф.И., Зворыгина Ж.А., Марушко Б.Д. Особенности применения технологий
информационного моделирования на стадии эскизного проектирования с учетом региональных традиций
Berkovskiy F.I., Zvorygina Zh.A., Marushko B.D. Peculiarities of applying building information
modeling technologies at the conceptual design stage with regard to regional traditions....75

Богородская Д.Р., Плешкова В.И. Использование искусственного интеллекта для оценки пешеходной
активности и планировочных характеристик городской среды (на примере Сибирского федерального округа)
Bogorodskaya D.R., Pleshkova V.I. Using artificial intelligence to assess pedestrian activity
and planning characteristics of the urban environment (case study of the Siberian Federal District)....76

Брусенцов А.И. Цифровой паспорт здания как условие рециклинга строительных отходов
Brusentsov A.I. Digital building passport as a precondition for construction waste recycling....77

Вялков Е.А. Цифровая феноменология: искусственный интеллект
как инструмент усовершенствования архитектурной среды
Vyalkov E.A. Digital phenomenology: artificial intelligence as a tool for improvingthe architectural environment....78

Гарейшин Э.А. К вопросу об эффективности строительства модульных отелей в условиях Арктики
Gareishin E.A. On the issue of the efficiency of modular hotel construction in the Arctic....79

Гольдберг Ю.И. Эволюция парадигм информационного сопровождения мегапроектов
Goldberg Yu.I. Evolution of the paradigm of information interaction for mega-projects....80

Греков О.В. Автоматизация контроля заполнения атрибутивных данных цифровой информационной модели
Grekov O.V. Automation of attribute data completeness control in a digital information model in Renga....81

Дарюхина Е.Д., Колмаков А.В. Светотень и динамика подсветки окружающей среды: опыт проектирования
Daryukhina E.D., Kolmakov A.V. Chiaroscuro and the dynamics of environmental lighting: design experience....82

Дмитриева П.А. Архитектурно-климатическая адаптация зданий в условиях полярного климата
Dmitrieva P.A. Architectural and climatic adaptation of buildings in polar climate conditions....83

Дресвянкина В.Д., Чшиева Д.Т. Связь трансформации пространства и медиадизайна в общественных зданиях
Dresvyankina V.D., Chshieva D.T. The connection between space transformation
and media design in public buildings....84

Захаров А.А., Тихомирова Е.Г. Оптимизация проектирования жилых зданий
с помощью искусственного интеллекта
Zakharov A.A., Tikhomirova E.G. Optimization of residential building design using artificial intelligence....85

Исаев Ш.М. Интеграция геоаналитических моделей машинного обучения
и AR/VR-визуализации для оценки привлекательности городских территорий
Isaev Sh.M. Integration of geospatial machine learning models and AR/VR visualization
for assessing the attractiveness of urban areas....86

Исаев Ш.М. Интеграция технологий информационного моделирования и геоаналитических
ГИС-данных на этапах жизненного цикла объекта строительства
Isaev Sh.M. Integration of building information modeling technologies and geospatial
GIS data across the construction facility life cycle....87

Исаев Ш.М. Формирование компетенций в области геоаналитики
и искусственного интеллекта у студентов строительных направлений подготовки
Isaev Sh.M. Development of geoanalytics and artificial intelligence competencies among students
in construction degree programs....88

Каракина В.Е. Формирование ризоматического мышления у студентов-архитекторов
через композиционное компьютерное моделирование
Karakina V.E. Developing rhizomatic thinking in architecture students through
compositional computer modeling....89

Киреков А.А. Комплексное применение BIM, VR и IoT для цифровизации строительных процессов
Kirekov A.A. Integrated application of BIM, VR, and IoT for the digitalization of construction processes....90

Коваленко В.Ю. Автоматизация актуализации цифровой информационной модели
промышленного объекта на основе системы управления инженерными данными
Kovalenko V.Yu. Automation of updating an industrial facility information model based
on engineering data from an engineering data management system....91

Колмакова А.А. Применение цифрового двойника города для оптимального развития:
условие замкнутого контура
Kolmakova A.A. Urban digital twin for optimal development: the closed-loop condition....92

Куат А.А. Подводная архитектура: какие технологии позволяют строить пространства под водой
Kuat A.A. Underwater architecture: what technologies make it possible to build spaces underwater....93

Кузьмина Л.И., Осипов Ю.В., Пестерев А.Р. Аналитическое разделение
параметров многокомпонентных суспензий
Kuzmina L.I., Osipov Yu.V., Pesterev A.R. Analytical separation of parameters for multicomponent suspensions....94

Кульминская А.А., Мельник М.С. Фотограмметрия как инструмент BIM-моделирования
Kulminskaya A.A., Melnik M.S. Photogrammetry as a BIM modeling tool....95

Лещенко Н.С., Панкратова С.А. Исследование дренажной системы земляной ограждающей
дамбы золоотвала № 2: текущее состояние и необходимость реконструкции
Leschenko N.S., Pankratova S.A. Study of the drainage system of the earth retaining dam
at ash disposal area № 2: current condition and the need for reconstruction....96

Лушникова М.Д., Гареева Р.Э. Трансформация структуры компетенций архитектора
при внедрении технологий искусственного интеллекта в процесс проектирования
Lushnikova M.D., Gareeva R.E. Transformation of the Architect's Competency
Framework During the Integration of Artificial Intelligence Technologies into the Design Process....97

Макаренко К.О., Михеев А.С. Исследование зарубежного опыта использования
резиновой крошки в стр оительстве
Makarenko K.O., Mikheev A.S. Study of foreign experience in the use of rubber crumb in construction....98

Матковский Д.Н. Учет особенностей условной рамы-блок при расчете зданий в программе JBK
Matkovsky D.N. Accounting for the specific features of a conditional frame block
in building analysis using the JBK program....99

Михалева Д.С., Пыльцова А.О. «Умный город» как инструмент повышения качества жизни
Mikhaleva D.S., Pylcova A.O. «Smart City» as a Tool for Improving Quality of Life....100

Михеев А.С., Макаренко К.О. Оптимизация берегоукрепления Новосибирского водохранилища
на основе технологии геосот

Mikheev A.S., Makarenko K.O. Optimization of coastal protection of the Novosibirsk reservoir based on geocellular technology.....101

Наумов В.В. Разработка автоматизированного формирования спецификаций и расчетной геометрии на основе IFC-моделей и PDF-чертежа
Naumov V.V. Automated extraction of steel structure data from IFC models and PDF drawings.....102

Непомнящих Е.А. Изучение особенностей технологий и условий добычи обводненных и склонных к обводнению месторождений твердых полезных ископаемых
Nepomnyashchikh E.A. Study of the technological features and mining conditions of water-inundated and flood-prone solid mineral deposits.....103

Никифорова П.В. Библиотека чертежей наличников деревянных домов Уральского региона для применения в BIM-моделях
Nikiforova P.V. Library of drawings of window and door trim for wooden houses in the Ural region, for use in BIM models.....104

Панкратова С.А., Лещенко Н.С. Особенности фильтрационного режима ограждающей дамбы золоотвала Новосибирской ТЭЦ-4
Pankratova S.A., Leschenko N.S. Filtration regime characteristics of the ash pond retaining dam Novosibirsk thermal power plant-4.....105

Пермичев Я.А. Продление жизненного цикла причала за счет ресурсосберегающих конструктивных решений: расчет, устойчивость, защита от коррозии
Permichev Ya.A. Extending the lifecycle of a pier through resource saving design solutions: calculation, stability, and corrosion protection.....106

Пичугин С.С. Интеграция принципов энергоэффективности и безбарьерной среды для маломобильных групп населения в устойчивом развитии городских территорий
Pichugin S.S. Integrating energy efficiency and barrier-free environment principles for people with limited mobility into the sustainable development of urban areas.....107

Плотников А.Д. Автоматизация выявления информационных разрывов при передаче инженерных данных промышленного объекта
Plotnikov A.D. Automation of information gap detection in the transfer of engineering data for an industrial facility...108

Полищук И.А. Противофильтрационные решения для ограждающей дамбы хвостохранилища в криолитозоне
Polishuk I.A. Preventing seepage in the embankment dam of a tailings facility within the cryolithic zone.....109

Проваткин А.Е. Трансформация профессиональных компетенций архитектора в условиях цифровизации архитектурного проектирования
Provatkin A.E. Transformation of an Architect's Professional Competencies in the Context of the Digitalization of Architectural Design.....110

Пыльцова А.О., Подоплелов А.М. Возможности искусственного интеллекта и роль специалиста в архитектурно-строительном проектировании
Pylcova A.O., Podoplelov A.M. The possibilities of artificial intelligence and the role of a specialist in architectural and construction design.....111

Садовская К.Д. Проектирование агропромышленных комплексов в среде информационного моделирования: от концепции до инженерных решени
Sadovskaya K.D. Design of agro-industrial complexes in an information modeling environment: from concept to engineering solutions.....112

Серова А.А. Разработка веб-приложения для адаптации сотрудников строительного контроля
Serova A.A. Development of a web application for the on boarding of construction control employees.....113

Ситдикова Д.Р. Оркестрация программных средств для автоматизированного формирования информационной модели по PDF-чертежам
Sitdikova D.R. Jrchestration of software tools for automated building information model generation from pdf drawings of building services.....114

Соседова Т.А. ГИС-анализ пространственного неравенства городской среды (на примере доступности парков в районах Khayelitshaи Rondebosch, Кейптаун)
Sosedova T.A. GIS analysis of spatial inequality in the urban environment (using the example of park accessibility in the Khayelitsha and Rondebosch areas, Cape Town).....115

Спиридонова Ю.Н. Превышение устойчивости судового хода на Умревинском перекате реки Оби как фактор ресурсосбережения в эксплуатации внутренних водных путей
Spiridonova Yu.N. Enhancing navigation channel stability at the Umrevinsky bar of the Ob river as a factor of resource conservation in inland waterway operation....116

Тимошенко В.В. Автоматизация контроля терморегуляции бетона в зимний период с применением технологий искусственного интеллекта
Timoshenko V.V. Automation of concrete thermal regulation control during the winter period using artificial intelligence technologies....117

Тюникова А.Р. Концепция AI-помощника по работе с градостроительными нормами и правилами в сфере плотности застройки на основе чат-бота
Tyunikova A.R. The concept of an AI assistant for working with urban planning regulations and rules in the field of building density, based on a chatbot....118

Филипьева К.А. Метод персонализированного формирования маршрута в парковом пространстве
Filipyeva K.A. The method of personalized route planning in a park space....119

Фролов А.Д. ,Огиенко Е.Л. Модели соучастного проектирования XX века
Frolov A.D., Ogienko E.L. Models of Participatory Design in the 20th Century....120

Ху Цяньвэнь, Мальцева И.Н. Исследование парадигмы реконструкции зеленых низкоуглеродных жилых районов на основе цифрового двойника
Hu Qianwen, Maltseva I.N. Research on the paradigm of green, low-carbon residentia ldistrict retrofitting based on digital twins....121

Цянь Ваньтин, Мальцева И.Н. Преимущества искусственного интеллекта в области визуализации на примере Nano Banana Pro
Qian W., Maltseva I.N. Advantages of artificial intelligence in visualization: the case of Nano Banana Pro....122

Чудиновских Ю.П. Система цифровых сервисов для автоматизации разработки архитектурной концепции
Chudinovskikh J.P. System of Digital Services for the Automation of Architectural Concept Design....123

Чэ Цзиньяо От облака точек к архитектурной документации: мультимасштабный рабочий процесс на основе наземного лазерного сканирования и БПЛА-LiDAR
Che Jingyao From point cloud to architectural documentation: a multi-scale workflow based on terrestrial laser scanning and UAV-LiDAR....124

Шабанов К.Е. Генерация параметрической архитектуры по мультимодальному запросу с автоматическим расчетом ТЭП в связке ИИ – Grasshopper – ArchiCAD
Shabanov K.E. Multimodal prompt-based generation of parametric architecture with automated calculation of technical and economic indicators in the AI- Grasshopper – ArhiCAD workflow....125

Шебила Акрам Разработка веб-приложения для просмотра и анализа IFC-моделей: концептуальный подход
Chebila Akram Development of a web application for viewing and analysis of IFC models: a conceptual approach...126

Шилова Н.С. Цифровой двойник исторического здания: опыт параметрического моделирования Покровского храма села Байкалово
Shilova N.S. Digital twin of a historical building: parametric modeling of the church of the intercession in the village of Baykalovo....127

Ширяев А.В., Князева Н.В. Прослеживаемость проектных решений при многоканальном информационном взаимодействии участников строительного процесса
Shiryaev A.V., Knyazeva N.V. Traceability of project decisions under multi-channel information interaction of construction process participants....128

Шэнь Янфань, Фомин Н.И., Чэ Цзиньяо Информационно-аналитическая оценка остаточных деформаций и безопасности строительства над выработанным пространством
Shen Yanfan, Fomin N. I., Che Jinyao Information-analytical assessment of residual deformations and construction safety above mined-out areas....129

UDC 624.042.4

DIGITAL RISK ASSESSMENT OF CIVIL STRUCTURES UNDER EXTREME CLIMATE CONDITIONS

Bao Yifu
Scientific supervisor: PhD in Engineering, Associate Professor N.I. Fomin
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
2835737114@qq.com,ni.fomin@urfu.ru

Extreme heat, intense rainfall, persistent humidity, and strong wind increasingly act as combined stressors during the service life of civil structures. This study reformulates climate-induced deterioration as a digital life-cycle assessment problem. The proposed framework connects climate scenarios, structural monitoring, degradation indicators, reliability updating, and maintenance decisions in a traceable information flow suitable for building information modelling and digital-twin applications.

The framework was derived from a mechanism-based review of thermal degradation, moisture-driven corrosion, and wind-induced fatigue. Extreme heating reduces steel yield strength and elastic modulus; strength loss becomes evident near 400 °C and the residual capacity may fall below one half of its ambient value near 600 °C. Temperature differences of 20-30 °C can also generate additional thermal stress and support-force redistribution. Under sustained relative humidity above 80% at 25-35 °C, moisture transport and electrochemical activity accelerate the crack-permeation-corrosion feedback loop.

Monitoring data are converted into condition indicators for probabilistic assessment. Recommended inputs include strain, displacement, acceleration, natural frequency, crack width, moisture, chloride concentration, and reinforcement loss. A crack width of 0.2-0.3 mm indicates increased permeability; a frequency decrease greater than 10% indicates appreciable stiffness loss; and reinforcement area losses above 10% and 20% mark progressively stronger reductions in resistance and ductility. Wind pressure scales approximately with the square of velocity, so an increase from 30 to 50 m/s raises the nominal pressure by about 2.78 times.

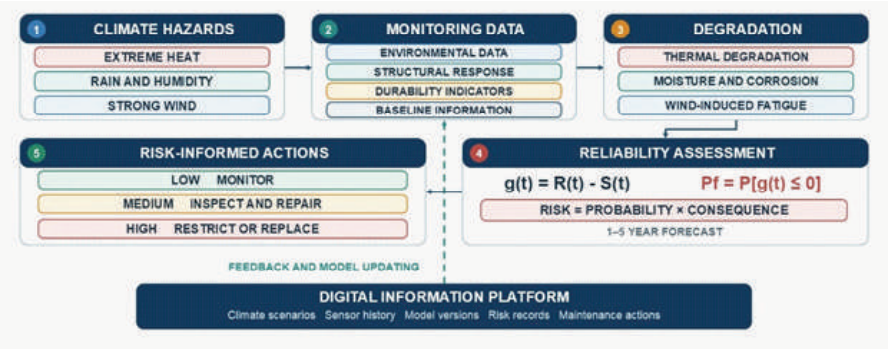


Figure. *Digital workflow for climate-related structural risk assessment. Developed by the author*

At each update, a time-dependent limit-state function compares deteriorating resistance with climate-dependent load effects. The reliability index and failure probability are combined with functional degradation and consequence severity to rank components and intervention urgency. The procedure distinguishes gradual deterioration from a transition to accelerated or abrupt loss of performance. It also represents sequential hazards, such as rainfall-induced wetting followed by humidity-driven corrosion and wind-induced cyclic loading, rather than evaluating each hazard in isolation.

The digital workflow supports rolling one-to-five-year forecasts and explicit action thresholds. Low-risk states remain under observation; intermediate states trigger targeted inspection, drainage improvement, crack sealing, corrosion protection, or connection strengthening; and high-risk states require load restriction, emergency stabilization, or replacement. Storing scenario parameters, sensor histories, model versions, risk estimates, and completed interventions in a common model creates an auditable basis for climate-adaptive maintenance and resilient urban infrastructure [1-5].

References

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
2. ISO 13822:2010. Bases for design of structures - Assessment of existing structures. Geneva: International Organization for Standardization, 2010.
3. Liu Y., Qi Y., Li B. et al. Intelligent identification of sensitive service indicators for engineering-structure operation and maintenance under multiple scenarios // Journal of Building Structures. 2022. Vol. 43. No. 10. P. 1-15. (In Chinese).
4. Melchers R.E., Beck A.T. Structural Reliability Analysis and Prediction. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2018.
5. Frangopol D.M., Saydam D., Kim S. Maintenance, management, life-cycle design and performance of structures and infrastructures: a brief review // Structure and Infrastructure Engineering. 2012. Vol. 8. No. 1. P. 1-25. DOI: 10.1080/15732479.2011.628962.

UDK 697

ADVANCED HVAC STRATEGIES FOR SUSTAINABLE BUILDINGS

Guerri Mouna
Scientific Supervisor: doctor of arch., prof. Puchkov M. V.
Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.
muna.gerri@urfu.ru

In recent decades, sustainable architecture has evolved from the periphery of design to a central priority in the development of the global built environment. The rapid expansion of cities, increasing energy demand, and rising expectations for indoor thermal comfort have presented a major challenge for architects and building engineers: achieving high levels of occupant comfort and environmental quality while reducing energy consumption and greenhouse gas emissions. Withinth is context, Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems are among the largest components of building operational energy use, so their optimization is crucial for building sustainability and energy performance [1].

Climate change, stricter regulations, and carbon-neutrality commitments have accelerated the transition from conventional to advanced, energy-efficient HVAC systems. technological such as Variable Refrigerant Flow (VRF) systems, geothermal heat pumps, heat recovery ventilation (HRV), and solar-assisted cooling can substantially reduce energy use and operational carbon emissions while maintaining thermal comfort and indoor air quality[2].However, their effectiveness also depends on integration into Building Automation Systems (BAS), Artificial Intelligence (AI), and Internet of Things (IoT) sensor networks enabling real-time monitoring, predictive control, and automated adjustment of indoor environmental conditions [3]. Their performance is evaluated against internationally acknowledged frameworks, such as LEED, BREEAM, and ASHRAE Standard 90.1, which set rigorous energy efficiency benchmarks and promote Net-Zero Energy Building (NZEB) strategies.

Looking ahead, emerging approaches in green architecture (See Figure), such as digital twins, AI-driven predictive climate control, and integration of passive and active design strategies are expected to further transform the role of HVAC systems in sustainable buildings [4]. These advances support a new generation of intelligent, climate-resilient buildings in which HVAC systems are integrated into the architectural and environmental design process, rather than isolated mechanical installations.

Despite the sea dvances, current studies tre at HVAC technologies, digital control strategies, and green building standards in isolation, with limited attention to their integrated role in architectural design. The author proposes advanced HVAC strategies for sustainable buildings, explores their integration with BAS, AI, and IoT, and their implications for the future of green architecture (see Figure).

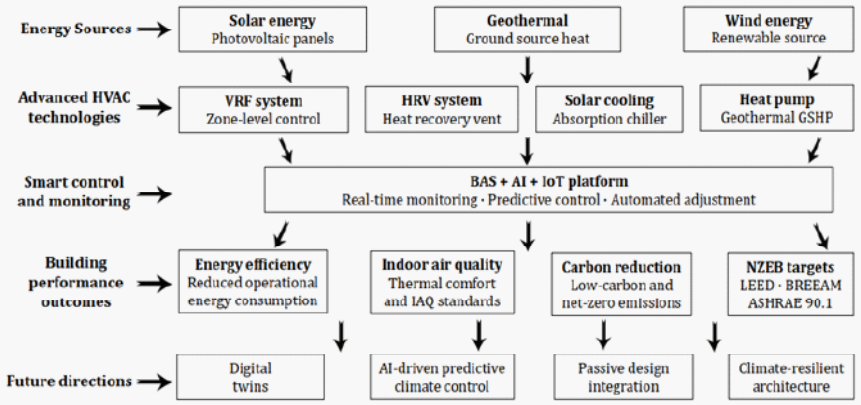


Figure. *Advanced HVAC strategies for sustainable buildings. Prepared by the author*

References

1. González-Torres M. идр. A review on buildings energy information: Trends, end-uses, fuels and drivers // Energy Reports. 2022. Т. 8. С. 626–637.
2. Fouad M. идр. Sustainable Thermal Management in Building HVAC // IJHT. 2026. Т. 44, № 1. С. 278–298.
3. Sivasankari N., Rathika P. IoT driven building automation systems: A review on energy efficiency, occupant comfort, and sustainability // Journal of Building Engineering. 2025. Т. 104. С. 112347.
4. De Las Morenas J., Belmonte L. M., Morales R. Designing an AI-driven digital twin architecture for building energy prediction // Journal of Building Engineering. 2025. Т. 113. С. 113966.

UDC 69:004

IMAGE FIDELITY AND MECHANICAL SCREENING IN TEXT GUIDED STRUCTURAL PLAN GENERATION

Jiaxin LI[1], Qing Jiang[1],FominN.I.[2]

[1]School ofCivil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

[2]Ural Federal University, Institute of Civil Engineering and Architecture, Yekaterinburg, 620002, Russia

2026010175@mail.hfut.edu.cn,jiangq@hfut.edu.cn,ni.fomin@urfu.ru

Conceptual structural design converts architectural geometry and engineering requirements into a load-bearing layout. Decisions made at this earlystage shape subsequent analysis, detailing, and construction cost. Knowledge-based systems, optimization methods, and learned generative models provide complementary routes to structural-design automation. In particular, image-conditioned generative adversarial networks (GANs) map an architectural raster and a design-condition representation to a structural-plan candidate and therefore offer a direct way to support schematic design[1,2].

Structural-plan images encode discrete walls and openings whose boundaries, proportions, and continuity affect engineering interpretation. Image-similarity metrics measure geometric resemblance, whereas structural response also depends on connectivity, physical scale, member properties, and loading. A generated candidate can therefore resemble a reference drawing without satisfying deformation requirements. Previous GAN- and graph-based studies have generated wall, beam, slab, frame, and shell layouts; for shear-wall generation, mechanical evaluators and attention-enhanced generators have been introduced to improve structural relevance [3,4]. However, the contribution of an encoder, fusion mechanism, or regularization package may depend on its companion modules and on the target output resolution. These dependencies are difficult to infer when several components are changed simultaneously. Furthermore, image-only assessment of generated structural plans offers limited insight into their mechanical behaviour.

To address these gaps, the present study proposes an evaluation framework that integrates a full factorial comparison of text-guided generative adversarial networks (GANs) with automated structural reconstruction and elastic response-spectrum analysis. Eight configurations are examined by varying condition encoding, cross-modal fusion, and a combined spectral normalization and exponential moving average (SN+EMA) treatment, yielding twelve single-factor contrasts at two native resolutions. Image evaluation covers 96 test records organized into 24 architectural plans. At high resolution, cross-attention raised the observed composite fidelity score by 3.8–30.3% across four matched contrasts, while encoder substitution and SN+EMA produced mixed outcomes. The highest composite fidelity, shear-wall-ratio preservation, and contour agreement were achieved by different configurations, with scores of 0.613, 0.931, and 0.653, respectively.

These single-seed results suggest that configuration choice depends on the geometric objective, companion modules, and native resolution. Automated ETABS 22 reconstruction of twelve plans under three seismic–height conditions generated 576 modelling attempts, of which 570 returned valid response results. The proportions meeting the adopted inter-storey drift benchmark of 0.001 were 98.9%, 99.5%, and 70.0% under 7dH1, 7dH2, and 8dH1H2, respectively. At the configuration level, composite image fidelity showed weak, condition-dependent associations with median drift.

Overall, the findings support objective-specific GAN configuration selection and a screening workflow that combines geometric fidelity, numerical validity, and elastic structural response to identify candidates for further engineering assessment.

References

1. W. Liao, Y. Huang, Z. Zheng, and X. Lu, “Intelligent generative structural design method for shear wall building based on ‘fused-text-image-to-image’ generative adversarial networks,” Expert Systems with Applications, vol. 210, p. 118530, 2022.
2. W. Liao, X. Lu, Y. Huang, Z. Zheng, and Y. Lin, “Automated structural design of shear wall residential buildings using generative adversarial networks,” Automation in Construction, vol. 132, p. 103931, 2021.
3. X. Lu, W. Liao, Y. Zhang, and Y. Huang, “Intelligent structural design of shear wall residence using physics-enhanced generative adversarial networks,” Earthquake Engineering & Structural Dynamics, vol. 51, no. 7, pp. 1657–1676, 2022.
4. P. J. Zhao, W. J. Liao, Y. L. Huang, and X. Z. Lu, “Intelligent design of shear wall layout based on attention-enhanced generative adversarial network,” Engineering Structures, vol. 274, p. 115170, 2023.

УДК 69.05

QUANTIFYING CARBON DIOXIDE EMISSIONS VIA BIM: INTERLINKING CONSTRUCTION WASTE WITH MATERIAL CONSUMPTION – MAIN TRENDS

Yan Shoudao, Zhao Mengsen
Scientific supervisor: PhD in Engineering, Associate Professor N.I. Fomin
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
1399733569@qq.com, 910940435@qq.com, ni.fomin@urfu.ru

The construction industry is characterized by high material consumption and substantial construction waste generation, which drive carbon dioxide emissions in the building sector. Under global climate response and the "dual carbon" targets (carbon peak and carbon neutrality), reducing material consumption and construction waste has become an essential entry point for implementing carbon reduction strategies in construction.

This paper reviews the main trends in applying Building Information Modeling (BIM) to reduce material consumption and construction waste, with a carbon reduction mechanism dominated by construction waste minimization and supported by raw material consumption optimization. Five research questions cover global development trends, material optimization mechanisms, waste minimization strategies, BIM tool integration, and future directions.

A structured literature search (December 10, 2025) across Web of Science, Scopus and Google Scholar using BIM-, waste- and carbon-related terms, followed by duplicate removal and screening, retained 84 publications. Bibliometric and network analyses were performed with R Biblioshiny, VOSviewer [1], Scimago Graphica and OriginLab.

Publications grew acceleratingly from 2012 to 2025, with China leading, followed by the UK and Australia. Bradford's Law core journals: Sustainability, Buildings, Journal of Cleaner Production, Journal of Building Engineering. Keyword co-occurrence reveals four knowledge clusters (Life-cycle assessment – Sustainability, BIM – Design, Construction/ Demolition waste – Circular economy, Management – Framework), establishing a research paradigm integrating BIM and LCA for waste problems and circular economy.

Three development directions in carbon reduction practice: (1) source control via material optimization – parametric design, modularization and prefabrication reduce life-cycle carbon emissions by 15%–46.52% [2, 3]; (2) end-of-pipe management via waste minimization – material passports, material banks and design for disassembly turn waste into digital assets [4, 5]; (3) automated BIM–LCA assessment methods (IFC-based and ODBC-driven pipelines, dynamic 4D/6D models, machine-learning prediction) enable accurate evaluation [6].

Challenges remain: data interoperability and semantic loss between BIM and LCA, lack of unified carbon emission factor databases, high costs and talent shortage. Recommended pathways: collaborative parametric design with prefabrication, BIM-driven dynamic lean control integrated with IoT (5D/6D), and reverse logistics based on the "material bank" concept. BIM is evolving from a modeling tool into a core platform for whole-life-cycle carbon management in buildings.

References

1. van Eck, N.J.; Waltman, L. VOS: a new method for visualizing similarities between objects // Advances in Data Analysis; Decker, R.; Lenz, H.-J. (eds.). Berlin: Springer. 2007. P. 299–306.
2. Cui, D.; Zhao, H.; Zhang, R. Approaching zero-carbon development through modular construction: a case study of healthcare buildings in London // Indoor and Built Environment. 2025. Vol. 34. P. 1404–1421. DOI: 10.1177/1420326X251346132.
3. Hao, J.; Cheng, B.; Lu, W.; et al. Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage: a BIM-based life-cycle assessment approach // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 723. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137870.
4. Su, S.; Li, S.; Ju, J.; Wang, Q.; Xu, Z. A building information modeling-based tool for estimating building demolition waste and evaluating its environmental impacts // Waste Management. 2021. Vol. 134. P. 159–169. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.07.025.
5. Honic, M.; Kovacic, I.; Sibenik, G.; Rechberger, H. Data- and stakeholder management framework for the implementation of BIM-based material passports // Journal of Building Engineering. 2019. Vol. 23. P. 341–350. DOI: 10.1016/j.jobe.2019.01.017.
6. Xu, J.; Teng, Y.; Pan, W.; Zhang, Y. BIM-integrated LCA to automate embodied carbon assessment of prefabricated buildings // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 374. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133894.

УДК 624.012.45

DIGITAL DECISION SUPPORT FOR REPAIR SELECTION IN PRECAST REINFORCED CONCRETE CONNECTIONS

Zhao Mengsen, Yan Shoudao
Scientific Supervisor: Ph.D., Associate Professor Fomin N.I.
Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
mengsen3829@gmail.com, 1399733569@qq.com, ni.fomin@urfu.ru

The safety of precast reinforced concrete buildings depends on connection integrity, yet evidence on defects and repair outcomes is scattered across studies of different joint systems. This study develops a data structure for digital repair decision support covering grouted sleeve connections, mechanical couplers, and post-cast wet joints. The proposed structure links inspection findings to the connection type, feasible repair methods, and measurable acceptance criteria.

A systematic review following PRISMA 2020 [1] was conducted for publications from 2000 to 2025. Records from Web of Science and Google Scholar were processed with Zotero, bibliometrix, and VOSviewer. Test results were normalized using the strength recovery ratio TRR, ductility recovery ratio DRR, and energy recovery ratio ERR. Each ratio compares a repaired specimen with an intact specimen from the same test series, reducing the influence of scale, material, and loading differences.

For grouted sleeves, 82 repair datasets produced mean TRR, DRR, and ERR values of 0.972, 0.915, and 0.958. Supplementary grouting within 30 min, with a void ratio not exceeding 40%, achieved TRR of 0.975-0.998 and DRR of 0.932-0.957. Delaying treatment for 24 h reduced bonding between the original and supplementary grout. Low-viscosity epoxy injection remained effective for void ratios up to 60%, although strength recovery did not ensure equal ductility recovery [2, 3]. For 21 wet-joint specimens, mean TRR, DRR, and ERR were 1.02, 1.03, and 1.01; reinforcement anchorage governed energy recovery [4]. Evidence for repaired mechanical couplers was more limited, so the favorable results were treated as a trend rather than a general performance bound.

The resulting workflow converts inspection data into a defect class, ranks repair options, and assigns performance checks (see table). Local voids may be treated by supplementary injection. Bar misalignment, cracking, or early pull-out requires internal filling combined with external confinement. Loss of more than half of the grout volume, bar offset near 0.5 bar diameter, or an established brittle failure mechanism requires assessment of local reconstruction or replacement. Acceptance must consider TRR, DRR, ERR, failure mode, and stiffness redistribution to avoid moving plastic demand into an unstrengthened region.

The same fields can be stored in a building information model: connection identifier, defect geometry, inspection results, repair parameters, and follow-up measurements. Linking these records to an operational model provides a basis for a repair digital twin [5]. Implementation requires a common defect-data format, traceable before-and-after measurements, and validation of decision thresholds for each structural system.

Table. *Repair selection and acceptance criteria for defective connections*

Defectcharacteristics	Repair method	Acceptance criteria
Local grout voids	Supplementary grouting or epoxy injection	Grout continuity and bond recovery
Bar misalignment, cracking or early pull-out	Internal filling with external confinement	Ductility, failure mode and stiffness redistribution
Extensive grout loss or brittle failure	Assess local reconstruction or replacement	Load transfer and structural compatibility

References

1. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews // BMJ. 2021. Vol. 372. Art. n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
2. Li X., Xiao S., Gao R. et al. Effects of grout sleeve defects and their repair on the seismic performance of precast concrete frame structures // Engineering Structures. 2021. Vol. 242. Art. 112619. DOI: 10.1016/j.engstruct.2021.112619.
3. Xie L., Wang X., Yang C. et al. Development and validation of a defect detection and repair method for half grouted sleeve connection // Case Studies in Construction Materials. 2022. Vol. 17. Art. e01205. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01205.
4. Qiao M., Ma Y.-X., Fung T.C., Tan K.H. Experimental study on exterior precast concrete beam-to-CECFST column joints with wet connections under cyclic loading // Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 88. Art. 109109. DOI: 10.1016/j.jobe.2024.109109.
5. Wang Q., Huang B., Gao Y., Jiao C. Current status and prospects of digital twin approaches in structural health monitoring // Buildings. 2025. Vol. 15. Art. 1021. DOI: 10.3390/buildings15071021.

УДК 625.8:504.06

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ РЕЦИКЛИНГА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Ахматова Н.П., Мазгалева А.В., Бик Ю.И., Приданова О.В., Бобыльская В.А.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

ahmatova_natalya@mail.ru, a.v.mazgaleva@nsawt.ru, bik@nsawt.ru, o.v.pridanova@nsawt.ru, v.a.bobylskaya@nsawt.ru

В 2026 году проблемы с утилизацией автопокрышек в России все так же актуальны [1]. Неэффективная переработка отработанных шин наносит вред экологии, экономике и состоянию инфраструктуры городов. На сегодняшний день существуют различные способы утилизации изношенных шин, но в мире лидирует метод механического измельчения, позволяющий получить резиновую крошку разных фракций, которую используют в различных отраслях, таких как дорожное строительство, энергетика, производство резиновых изделий и спортивного инвентаря [2].

Проблема защиты населения от шума в наше время связана с ростом количества транспорта, развитием промышленности и рядом других причин. Множество людей в России живут в условиях акустического дискомфорта [3], источниками которого вблизи автомагистралей выступают работа моторов, трение покрышек о дорожное покрытие, аэродинамический гул воздушных потоков и применение звуковых сигналов.Уровни автомобильного шума на прилегающей территории могут достигать 60–80 дБА [4] при норме шума в жилой застройке 55 дБА днем и 45 дБА ночью. Для борьбы с шумом используют бетонные и металлические барьеры. Современные экостандарты же настаивают на переходе к материалам из вторсырья, одним из которых является резиновая крошка.

Преимуществами экранов, изготовленных с использованием резиновой крошки перед экранами, изготовленными из традиционных материалов (бетон и металл) являются: облегченная конструкция (в 3–5 раз легче бетона), что позволяет использовать облегченные фундаменты и устанавливать экраны на эстакадах со слабыми грунтами; обладают высокой вязкостью и при ДТП панель деформируется, поглощая энергию удара, и восстанавливает форму; хорошо гасят структурный шум и вибрации от тяжелого транспорта и железных дорог за счет собственной упругости; поврежденный модуль при необходимости ремонта легко заменяется без спецтехники, а локальные повреждения заделываются ремонтными составами, при монтаже отсутствует пыль. Вместе с этим решается и экологическая проблема утилизации резиновых отходов. С экономической точки зрения такие экраны дешевле металлических и более долговечны [5].

Несмотря на ряд преимуществ, на сегодняшний день наиболее эффективным инженерным решением является использование экранов из комбинированных материалов. Нижняя часть экрана (высотой 1–1,5 метра от земли), принимающая на себя дорожную грязь, снежные заносы и случайные удары, выполняется из прочных монолитных материалов (металла или поликарбоната). Верхняя часть состоит из акустических модулей с наполнителем из измельченной резины для достижения наивысшего коэффициента звукопоглощения.

Примерами использования таких технологий являются такие крупные города, как Москва, Санкт-Петербург, Казань, Архангельск, Красноярск и т.д., где широко внедряются «зеленые» дорожные технологии. Резиновая крошка здесь используется не только в составе модифицированного асфальтобетона (для снижения структурного шума колес), но и в защитных экранах.

В заключении можно сказать, что использование отходов шин в звукоизоляции является не только решением одной из экологических проблем, но и инженерно-обоснованным выбором, который превосходит многие традиционные материалы по долговечности, всепогодности и способности гасить структурные вибрации.

Литература

1. Трофименко Ю.В., Перлин Ж.В., Кренц Е.Р., Гальченко О.А. Опыт организации системы обращения с изношенными шинами в Российской Федерации на принципах РОП // Проектирование автомобильных дорог : матер. 80-й Междунар. науч.-исслед. конф. МАДИ. М: ООО «А-проджект», 2022. С. 220-231.
2. Ахматова Н.П., Мазгалева А.В. Анализ методов использования резиновой крошки от переработки шин с экономической и экологической точки зрения // Качество. Технологии. Инновации: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф., Новосиб.: Новосиб. гос. арх.-строит. ун-т (Сибстрин). С. 236-241.
3. Элькин Ю.И., Виноградов Р.А. Возможное применение резиновой крошки в качестве шумопоглощающего материала для шумозащитных сооружений // Научный вестник автомобильного транспорта. 2023. №4. С. 47-51.
4. Манкеев Р.Р., Тупов В.В. Расчет акустической эффективности автотранспортных шумозащитных экранов с учетом отражения звука от них и дорожного покрытия // Акутика среды обитания 2022: матер. VIII Всерос. конф. М: МГТУимени Н.Э. Баумана, 2022. С. 121-131.
5. Элькин Ю.И., Виноградов Р.А. Возможность использования продуктов переработки шин (крошка, плиты) при изготовлении панелей акустических экранов // Noise Theory and Practice. 2025. Т. 11, № 3(42). С. 20-31.

УДК 625.098:504.06

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ахматова Н.П., Мазгалева А.В., Бик Ю.И., Приданова О.В., Кофеева В.Н.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

ahmatova_natalya@mail.ru, a.v.mazgaleva@nsawt.ru, bik@nsawt.ru, o.v.pridanova@nsawt.ru, v.n.kofeeva@nsawt.ru

Современные «зеленые» стандарты предполагают использование вторичного сырья для изготовления шумозащитных экранов без потери акустических свойств. Рассмотрим преимущества и недостатки четырех основных видов вторичных материалов. Преимуществами использования резиновой крошки из отработанных шин являются: коэффициент звукопоглощения до 0,9 на средних и высоких частотах; плотность 350-600 кг/м^3; инертность к реагентам, маслам, не гниет и не ржавеет; пропускает воду, предотвращая образование сосулек и ледяной корки; утилизирует отходы шин; локальные повреждения устраняются без замены всей панели.

К недостаткам можно отнести горючесть, плавкость; ограничено применение возле лесополосы; выцветает, становится хрупким; разрушаясь, выделяет резиновую пыль в почву и воду; плохо блокирует низкочастотный гул тяжелой техники; при монтаже пахнет клеем, а в жару (+30°С) – жженой резиной [1, 2].

Преимущества использования измельченного текстильного корда (прессованные маты, панели или рыхлый наполнитель внутри защитных кассет): коэффициент звукопоглощения до 0,8 на средних частотах; имеет малый вес (плотность 40-80кг/м^3) и оказывает минимальную нагрузку на опоры; побочный продукт утилизации; препятствует промерзанию стоек и образованию конденсата; устойчив к вибрациям и деформациям, гасит колебания при ветре. Недостатки: впитывает влагу, тяжелеет и полностью теряет звукопоглощающие свойства, требует абсолютной герметизации; горючесть, плавкость; гниет от грибка и плесени за 2-3 сезона без антисептиков; запрещен для использования вдоль федеральных трасс; слеживается со временем, образуя пустоты и снижая высоту экрана; разрушается на волокна, загрязняя почву синтетической пылью.

Преимущества при использовании вторичного поликарбоната и полиэтилентерефталата: сохраняют обзор, видимость знаков и освещенность трассы; в 200–250 раз прочнее стекла, не дают осколков при ударе щебнем или градом; имеют малый вес (плотность 1300–1400кг/м3), позволяет монтировать экраны на мостах без усиления опор; светопропускание до 90%; ПЭТ-листы не накапливают пыль внутри сот; коэффициент звукопоглощения 0,5-0,8 на средних частотах. Недостатки: сплошной пластик создает эхо на трассу; для поглощения звука требуются перфорация и минеральная вата; бюджетное вторсырье мутнеет, желтеет и служит 5–7 лет; сотовый поликарбонат «цветет» внутри камер; полиэтилентерефталат сильно царапается при очистке; легко царапается песком с обочины и плавится от растворителей; высокий коэффициент линейного расширения; качественный очищенный флекс почти не дешевле первичного пластика; грязный дает брак (пузыри, трещины) [3].

Преимуществами композитных шумозащитных экранов на основе полимеров (с добавлением золы-уноса и дробленого стекла) являются: высокая удельная прочность при плотности 600–900 кг/м^3 и малый вес; устойчивость к ветру и ударам; коэффициент звукопоглощения 0,64-0,99 при различных частотах [4]; полная стойкость к коррозии, реагентам и влаге; не требуют покраски; утилизируют золу ТЭЦ и стеклобой; литье в любые формы, фактуры и цвета; сложная геометрия улучшает акустику; пористая структура предотвращает конденсат и наледь зимой .Недостатки: высокая стоимость; состав золы уноса варьируется, что может ухудшить сцепление с полимером и вызвать пятна на поверхности; при температурах ниже -30...-40°С панели со стеклянным наполнителем могут треснуть при ударе; горючесть; поверхность выцветает, покрывается микротрещинами и теряет прочность; швы являются «акустическими мостиками» и требуют дорогой эластичной герметизации; трещины не ремонтируются, требуется полная замена кассеты.

В результате можно сказать, что использование вторичных материалов имеет ряд преимуществ, однако имеющиеся недостатки показывают, что для достижения оптимального результата наиболее перспективным направлением является создание комбинированных систем. Например, каркас из переработанного полиэтилена, заполненный резиновой крошкой, объединяет легкость монтажа, высокое звукопоглощение и защиту основного материала от осадков. При этом использование чистых пластиковых листов из вторичного полиэтилентерефталат оправдано только там, где критически важна визуальная проницаемость пространства.

Литература

1. Элькин Ю.И., Виноградов Р.А. Возможность использования продуктов переработки шин (крошка, плиты) при изготовлении панелей акустических экранов // Noise Theory and Practice. 2025. Т. 11, № 3(42). С. 20-31.
2. Элькин Ю.И., Виноградов Р.А. Возможное применение резиновой крошки в качестве шумопоглощающего материала для шумозащитных сооружений // Научный вестник автомобильного транспорта. 2023. №4. С. 47-51.
3. Альтернативные шумопоглащающие экраны из вторичных материальных ресурсов / Т.А. Кулагина, Е.Н. Зайцева, Э.Э. Кобилов, С.И. Ашурмахматов // Отходы и ресурсы. 2024. Т.11. № 3. С. 1-10.
4. Шульдешов Е. М. Полимерная композиционная звукопоглощающая панель / Е. М. Шульдешов, И. Д. Краев, М. М. Платонов // Труды ВИАМ. – 2017. – № 5(53). – С. 7. – DOI 10.18577/2307-6046-2017-0-5-7-7. – EDN YNEYRR.

УДК 72.01:504

СИНЕРГИЯ ЗЕЛЕНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРЕ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВЫХ РЕШЕНИЙ

Базаева Е.Д.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия
bazalen@mail.ru

В середине XX в. экологами было отмечено, что здания потребляют до 40 % мировых энергоресурсов, и каждый год в мире энергопотребление увеличивается на 3 %. Главными источниками выбросов в окружающую среду CO_2 являются объекты недвижимости: 28 % приходится на эксплуатацию зданий – отопление, охлаждение и освещение и 11 % – «воплощенный углерод», выбросы, связанные с производством традиционных строительных материалов: цемента, стали, стекла [1]. Любое строительство и эксплуатация объектов загрязняет окружающую среду. Задача – сократить негативное воздействие.

Для того, чтобы было возможно оценить и сравнить степени экологичности и энергоэффективности здания, измерить все показатели на этапах жизненного цикла здания, в 90-е годы прошлого столетия были разработаны стандарты Зеленого строительства. События февраля 2022 года, когда международные системы (LEED, BREAM,WELL) приостановили свою деятельность в России, не стало инструмента официального признания экологического статуса зеленых зданий. В ответ появилась российская методика оценки признания экологического статуса зеленых зданий: национальный государственный стандарт ГОСТ Р 54964-2023 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости» и инструмент оценки и сертификации, свод правил «КЛЕВЕР». ГОСТ создает нормативную базу, КЛЕВЕР – инструмент внедрения инноваций в практику [2]. Использование ГОСТ и КЛЕВЕР в связке позволяет получить синергетический эффект, т.е. документы усиливают друг друга, образуя ту самую синергию, которая способна вывести строительную отрасль на новый уровень.

Концепция устойчивого развития основана на триединстве экономических + социальных + экологических основ [3]. В каждой области деятельности человека должны быть выработаны свои принципы устойчивости. Формирование архитектурной среды чаще всего негативно отражается на экологии среды природной. В своих проектах архитектор должен в центр своей творческой концепции ставить принципы устойчивости, направленные на создание гармоничной среды, с минимальным воздействием на природу.

В устойчивом развитии архитектуры существуют два стратегических подхода. Первый подход – применение инновационных технологий по энергоэффективности, умного здания. Второй подход – применение объемно-пространственных, архитектурных методов, влияющих на энергопотребление и ресурсосбережение, с использованием естественных принципов работы инженерных систем.

Зеленые здания имеют меньший потенциал негативного воздействия на окружающую среду. Концепция зеленого строительства объединяет принципы энергоэффективности, ресурсосбережения и устойчивого развития. Энергоэффективность (снижение энергопотребления) и ресурсосбережение (экономное использование материалов и водные ресурсы) тесно взаимосвязаны, поскольку имеют общие цели и задачи, направленные на преодоление линейной модели потребления ресурсов, как-то: добыча сырья, переработка, депонирование отходов и создание замкнутых экосистем. В основе новой концепции – архитектура как замкнутая система – синергия двух ключевых принципов устойчивого развития: энергоэффективности и ресурсосбережения. Энергоэффективность здания на этапе эксплуатации теряет смысл, если были использованы материалы, производство которых имело негативное влияние на природу. Устойчивость достигается тогда, когда ресурсосбережение на этапе подбора материалов (низкий углеродный след производства) и теплоизоляционный материал обеспечивают высокие показатели тепловой защиты объекта. Если современные материалы создают оболочку устойчивой архитектуры, то цифровые двойники (на базе BIM-модели и технологии интернета вещей IoT) создают мозговой центр, который в процессе эксплуатации объекта работает в предиктивном режиме.

Синергия зеленых технологий в архитектуре доказывает, что энергоэффективность и ресурсосбережение не просто отдельные решения, а целостная система, в которой одно решение взаимно усиливают другое и служат фундаментом для формирования устойчивых решений. Когда объединяются использование низкоуглеродных материалов, ВИЭ (возобновляемые источники энергии) упреждающий цифровой контроль, то, как результат слияния, будет создан объект, обладающий автономностью, адаптивностью, долговечностью. В связи с этим, инвестиции в устойчивую архитектуру сегодня следует рассматривать как стратегический инструмент создания объектов, обладающих автономностью, адаптивностью и высокой жизнеспособностью в будущем.

Литература

1. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Доклад о разрыве в уровне выбросов 2024. Найроби : ЮНЕП, 2024. 102 с. URL: unep.org (дата обращения: 20.10.2026).
2. Агапова К. Система экологической сертификации «КЛЕВЕР» и ГОСТ Р 54964-2023: конкуренты, близнецы или фундамент синергии? // АВОК. 2026. №4. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=9379.
3. Шамаева Т.В., Беленя И.М. Основы устойчивого развития в архитектуре. М.: МИСИ-МГСУ, 2022. 43 с.

УДК 004.9:711

СТРУКТУРНАЯ РЕГУЛЯРНОСТЬ ДОКУМЕНТОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРАВИЛО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Ваулин Н.С.

Научный руководитель: д-р тех. наук, проф. Наместников А.М.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

way512@mail.ru

Материалы документов территориального планирования (ДТП): схемы территориального планирования муниципальных районов, генеральные планы поселений, городских и муниципальных округов, а также единые документы территориального планирования и градостроительного зонирования, представленные в текстовых материалах, являются человекочитаемыми текстами. В отличие от публицистических текстов материалы ДТП имеют структурную регулярность и обязательные разделы, которые устанавливаются Градостроительным кодексом [1].

Автоматическое извлечение информации из ДТП затруднено прежде всего тем, что нет единого машиночитаемого формата: каждый документ будет по своему содержанию уникален. Однако, в отличие от зарубежных документов планирования, где каждый регион или город будет иметь свою уникальную структуру документов [2], в России состав и структура ДТП регламентированы.

Несмотря на то, что в документах территориального планирования не существует структурных шаблонов, которые бы упростили обработку и извлечение данных, благодаря их структурной регулярности, такие документы можно обрабатывать с помощью правило-ориентированных методов извлечения информации.

Структурная регулярность характеризуется следующим:

1. Логическое деление на разделы, параграфы, которое позволяет работать с одной, относительно небольшой логической частью, тем самым упрощая обработку.

2. Наличие клише и типовых фраз, например: «согласно данным», «перечень дошкольных образовательных организаций, расположенных на территории», «для расчёта нормативного показателя», «площадь территории составляет» и другие.

3. Регламентированный состав документов, который устанавливается Градостроительным кодексом РФ и иными нормативными актами.

4. Использование определенной терминологии: территориальное планирование, функциональная зона, объект местного значения, градостроительный регламент, значение которых строго и однозначно определено законодательством.

5. Точность и нормативность являются обязательными, все единицы измерения должны быть приведены к единому образцу, все сокращения также будут иметь одинаковый вид.

На основе структурной регулярности появляется возможность выделять признаки, по которым возможно создание правило-ориентированного парсера данных. Такой подход будет более эффективным и качественным решением по сравнению с машинным обучением, так как не требует большого объема обучающей выборки и не подвержен галлюцинациям. Кроме этого, обеспечивается возможность интерпретации результатов, что крайне важно при работе с документами.

Практическая реализация описанного подхода была выполнена на базе инструмента Yargy. Для Генерального плана городского округа Сочи разработаны словари 82 населённых пунктов и правила для 15 типов пространственных отношений [3].

В дальнейшем после автоматизированной обработки текстов и извлечения из них требуемой информации возможно представление таких данных в онтологическом виде [2,4]. Это открывает возможность для автоматической верификации градостроительных решений, а также для сценарного моделирования развития территорий.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федер. Закон от 29.12.2004 № 190 ФЗ (ред. от 30.01.2026). Собр. законодательства Рос. Федерации. 2005.
2. Kaczmarek, I. Transforming text into knowledge graph: Extracting and structuring information from spatial development plans. Open Geosciences. 2023. Vol. 15, No. 1. P. 20220513.
3. Ваулин Н. С. Извлечение пространственных отношений из русскоязычных градостроительных текстов. Современные технологии в инженерных системах и городском хозяйстве: сб. материалов III Нац. (Всерос.) науч. практ. конф. (СПб., 23–27 марта 2026 г.). СПб.: СПбГАСУ, 2026. С. 99–104.
4. Рашевский, Н. М. и др. Генеративный дизайн и онтологический инжиниринг в градостроительстве. Строительство: наука и образование. 2025. Т. 15, № 2. С. 158–178.

УДК 72.021.2:004.925

РОЛЬ НЕЙРОСЕТЕЙ В ОПЕРАТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ НА СТАДИИ КОНЦЕПЦИИ

Велижанин И.А.
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
velixanin@mail.ru

Подготовка архитектурных концепций нередко ведется в условиях ограниченных сроков. При традиционной визуализации значительные трудозатраты связаны с детализацией трехмерной модели, настройкой материалов, освещения и окружения. Нейросетевые инструменты ускоряют создание выразительных изображений, однако требуют контроля соответствия результата проектному замыслу [1]. Возможности оперативного подбора материалов и изменения визуальных характеристик сцены рассмотрены на примере Veras.ai [2]. Цель работы – выявить особенности применения генеративного ИИ при визуализации концепции школы и оценить его роль в поиске фасадных решений и благоустройства.

Материалом исследования послужил выполненный автором практический проект. Архитектурное бюро предоставило схему размещения школы на участке, поэтажные планы, референсы фасадов и примеры визуализаций требуемого качества. Задача заключалась в подготовке за два дня шести экстерьерных видов, отражающих решения фасадов и концепцию благоустройства. Был применен комбинированный метод: создание трехмерной основы и предварительных визуализаций в Lumion с последующей нейросетевой обработкой. Результаты оценивались по затратам времени, соответствию заданию и принятию решений заказчиком.

Работа включала четыре этапа (см. рисунок). На первом этапе были созданы трехмерная модель школы и окружение, подготовлены черновые рендеры, что заняло 12 часов. На втором этапе за один час выполнена нейросетевая обработка исходных видов для поиска характера подачи. Она повысила реалистичность и выразительность изображений. На третьем этапе по итогам обсуждения с заказчиком модель была доработана, было затрачено 8 часов. На четвертом этапе за один час средствами генеративного ИИ доработаны детали.



Рисунок. *Этапы визуализации концепции школы: а – черновой рендер; б – нейросетевая обработка; в – рендер после согласования и корректировки; г – итоговаянейросетевая визуализация. Разработано автором*

Общие затраты составили 22 часа в течение двух дней. Задание было выполнено в срок, а некоторые предложенные ИИ фасадные решения получили положительную оценку заказчика и впоследствии были использованы в проекте. На изображениях также появились внутреннее освещение и видимые через остекление элементы интерьеров, визуально соответствующие назначению помещений. Этот эффект был получен без детальной настройки соответствующих источников света и усилил выразительность визуализаций.

Результаты демонстрируют возможность применения генеративного ИИ для оперативной подготовки архитектурных визуализаций и поиска проектных решений. Вместе с тем генерация изображения не заменяет разработку технически обоснованного решения: необходимы проверка геометрии, согласованности ракурсов и реализуемости предложений. Это согласуется с положением о необходимости критической оценки результатов ИИ и сохранения самостоятельного профессионального суждения архитектора [3]. Таким образом,

в рассмотренном проекте сочетание трехмерного моделирования и нейросетевой обработки позволило подготовить визуализации в сроки, крайне сжатые для такого объема работы, а также расширить поиск фасадных решений при сохранении авторского контроля.

Литература

1. Колесникова К. В. Использование искусственного интеллекта в области архитектурной визуализации // Архитектура и строительство: традиции и инновации: матер. III Междунар. науч. техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 19 декабря 2024 г. Гомель : Белорусский государственный университет транспорта, 2025. С. 123–126.
2. Колесникова К. В., Мальцева А. А. Перспективы и особенности использования искусственного интеллекта в области архитектурной визуализации на примере Veras.ai // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VII Междунар. науч. практ. конф., Екатеринбург, 7–8 ноября 2024 г. Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно художественный университет им. Н. С. Алферова, 2024. С. 47.
3. Костко О. Ю., Минулин И. Г., Туранская К. А. Интеграция искусственного интеллекта в архитектурное образование: философско культурологические вызовы и педагогические стратегии// Архитектура, строительство, транспорт. 2025. Т. 5, № 3(113). С. 8–25.

УДК 721.011.12

ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОЕКТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Геворкян А.К., Сербин С.А., Фомин Н.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

armengevorkyan94@mail.ru, andrey-sergey.serbin@yandex.ru, nnimoff@mail.ru

Проектно-строительное пересечение элементов ЦИМ ОКС – это дефект или противоречие, содержащееся в ЦИМ ОКС, возникшее в результате пространственного пересечения геометрии двух или более элементов ЦИМ ОКС, в том числе связанное с нарушением допустимых расстояний между различными элементами на этапе проектирования, которое приводит на этапе строительства к проявлению дефектов проектирования или неточностям расчета объемов работ [1–5].

Для повышения эффективности процесса обнаружения проектно-строительных пересечений была разработана двухэтапная методика, основанная наравномерном распределении проводимых проверок во времени с учетом графика типовых строительных работ. Содержание проверок зависит от этапа строительства, в связи с тем, что осуществление проверки должно проводиться на этапе предшествующему началу работ для их своевременного устранения [6–8].

Согласно разработанной методике на этапе проектирования жизненного цикла объекта строительства необходимо осуществлять входной контроль проектной документации, включающий ЦИМ, с применением матрицы проектно-строительных пересечений с условием, что при их обнаружении потребуют повторное прохождение экспертизы. На этапе строительства необходимо проводить поиск проектно-строительных пересечений элементов ЦИМ с допуском, приближенным к 0 мм для устранения оставшихся пересечений в ходе строительства.

Этапы методики обнаружения проектно-строительных пересечений на этапах проектирования и строительства:

Этап 1. Входной контроль проектной документации и подготовка к экспертизе (проводится на этапе проектирования). Далее, на втором этапе, проверка документации осуществляется в соответствии с календарным графиком, что позволяет синхронизировать контрольные мероприятия с технологической последовательностью возведения объекта.

Этап 2. Поиск проектно-строительных пересечений на этапе строительства. Проверяемые конструкции зависят от графика строительных работ. Последовательность проверок, проводимых на втором этапе:

1 – Устройство фундамента и несущих конструкций, в т.ч. лестниц.

2 – Возведение несущей надземной части.

3 – Устройство ограждающих конструкций, внутренних стен и перегородок, а также заполнение оконных проемов.

4 – Устройство кровли.

5 – Фасадные работы.

6 – Комплексная проверка внутренних инженерных сетей.

7 – Внутренняя отделка и установка дверных блоков.

Внедрение разработанной двухэтапной методики обнаружения проектно-строительных пересечений на этапах проектирования и строительства позволяет своевременно обнаружить и устранить проектно-строительные пересечения с меньшими финансовыми и временными затратами, при этом равномерно распределяя нагрузку на специалистов.

Литература

1. Абдуллоев М. Н., Суворова С. П. BIM проектирование в строительстве: проблемы и перспективы применения в России // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. 2017. № 1(8). С. 66-74. EDN: ZBIYBP
2. ДихановН., Абрахманова К. К. Эффективность внедрения BIM-проектирования // Наука и инновационные технологии. 2016. № 1(1). С. 27-30. EDN: XCONAR
3. Козлов Н. А.,Попова К. А. Проблемы внедрения технологий BIM проектирования в России // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2016. № 1(15). С. 18-21. EDN: VSEXRL
4. КупчиковаН. В., ДемкинаИ. А., Шкруднев Е. О. Разработка программного модуля с веб-интерфейсом для проверки ТИМ-моделей зданий и сооружений при прохождении государственной экспертизы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2026. № 1(55). С. 86-93. DOI 10.52684/2312-3702-2026-55-1-86-93. – EDN XZRVFV.
5. СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами.
6. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
7. СП 48.13330 Свод правил. Организация строительства. СНиП 12-01-2004» (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2019 N 861/пр)
8. Статья 60, Градостоительный кодекс Российской Федерации (ГрК РФ).

УДК 747:725.21:004.925.8

КОММУНИКАТИВНЫЙ ПОДХОД ЦИФРОВОЙ ДРАМАТУРГИИ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОММЕРЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Голубева Е.А.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия

golubeva@usaaa.ru

Современное коммерческое пространство, например, магазина одежды, становится площадкой не только для коммуникации, но также зоной для социальных взаимодействий и трансформируется в мультимодальные общественные пространства, т.е. в активную социально-событийную среду, где атмосфера формируется сочетанием визуальных, акустических, тактильных эффектов, светоцветовых модальностей. В контексте развития цифровых технологий такие пространства становятся гибридными – объединяющими физические и цифровые компоненты, обеспечивающими преемственность принципов проектирования при переходе к новым форматам объектов проектирования. В этом контексте цифровая драматургия становится актуальным инструментом для проектировщиков пространств и интерьеров.

Здесь уместно ввести понятие «цифровая драматургия» (Digital drama) – как метод проектирования коммерческих пространств, где цифровой контент, например голограммы, аватары, анимированные сцены, выстраиваются в пространстве не как стационарный объект, а как развивающееся действие – мини-спектакль со своим сценарием: завязка, призванное привлечь внимание; затем – развитие, вовлекающее посетителя посредством взаимодействия; в финале – кульминация, побуждающая зайти в магазин или совершить покупку.

Основу коммуникативного подхода Digital drama проектирования коммерческих пространств составляют архитектурно-планировочные решения как средства коммуникации с клиентами, сами планировочные решения в этом случае становятся способом управления движением покупателя.

Навигация внутренней структуры магазинов одежды – это эргономические параметры трех основных планировочных схем, поддерживающие закономерности покупательского движения.

Самая распространенная планировочная схема – петлевая (витринная) – представляет собой классическую схему «управляемого потока». Внутреннее пространство магазина выступает в роли ведущего, т.к. «задает» маршрут, последовательность осмотра и темп движения – по периметру торгового зала расставляется торговое оборудование (витрины), а в центре зала демонстрационные модули [1]. Пространство в этом случае ведет покупателя по заранее спроектированному сценарию. Цифровая драматургия может быть реализована в виде генеративных голографических элементов цифрового контента (голограммы, аватары, анимированные сцены), размещенных в ключевых точках пространства-маршрута, которые превращают осмотр в последовательность эмоционального сценария.

Свободная (бутиковая) планировочная схема – представляет собой отказ от жестко заданного маршрута – схему «диалогового потока». Торговая среда вступает в равноправный диалог с покупателем, предполагая свободную планировку, создавая отдельные «комнаты», «ниши» или «острова», т.е. камерные пространства [1]. Элементы цифровой драматургии, такие как «умные» зеркала, интерактивные доски и голографические витрины, могут быть объединены в отдельные «станции», не нарушая общей атмосферы. Digital drama здесь работает как «персональный рассказчик», который адаптируется к конкретному покупателю.

Решетчатая планировочная схема – представляет собой регулярную сетку из ровных рядов стеллажей, расположенных параллельно и/или перпендикулярно друг другу и стенам – «рациональный поток». Основная задача такой схемы обеспечить быстрый и свободный доступ к товару и высокую пропускную способность. В такой планировке эмоциональный дизайн выполняет компенсирующую функцию: яркие акценты, цветные зоны, графика и освещение помогают нарушить монотонность ряда и создать «точки интереса» [1]. Цифровые элементы могут быть интегрированы в структуру сетки для обеспечения навигации и персонализированных рекомендаций. Цифровая драматургия здесь минимальна, но ее можно использовать для разъяснения новых продуктов или направлений продаж.

Три модели коммуникативного подхода – «управляемый поток», «диалоговый поток», «рациональный поток», включают в себя четкие архитектурно-планировочные схемы, учёт эмоционально-психологических аспектов восприятия торговой среды, представляет собой взаимодействие покупателя с торговым пространством [1, 2]. В рамках цифровой драматургии для магазинов розничной торговли эти модели дополняются инновационными средствами коммуникации – генеративными голограммами, цифровыми аватарами искусственного интеллекта и интерактивными поверхностями, стендами AR/VR реальности и др.

Литература

1. Новикова Е.Ю. Человек эмоциональный в дизайне и маркетинге // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2014. № 7(73). С. 46-54. EDN SJSIIX.
2. Хайрутдинова А.Н., Захарчук М.Г. Креативный дизайн интерьера предприятия розничной торговли в конкурентной стратегии бизнеса // Молодежный вестник ИрГТУ. 2020. Т. 10, № 1. С. 59-65. EDN WCOFTM.

УДК 69.05

РИСКИ И ПОСЛЕДСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ БЕЗ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Горовой Н.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

Themrnikitocc@gmail.com

Цель работы – определение рисков и возможных последствий строительства объектов на основании рабочей документации при отсутствии или недостаточной проработке проектной документации, а также формирование рекомендаций по оптимизации последовательности проектирования без снижения качества и управляемости строительного процесса.

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается тенденция к сокращению сроков проектирования и строительства объектов капитального строительства. Одной из основных причин данной тенденции является стремление участников инвестиционно-строительного процесса к оптимизации использования ресурсов, включая трудовые, временные и финансово-экономические. Вместе с тем стремление к сокращению продолжительности предпроектных и проектных работ в ряде случаев приводит к изменению сложившейся последовательности разработки проектной документации и, как следствие, к возникновению дополнительных рисков на последующих этапах реализации проекта. Традиционно процесс подготовки проектных решений предполагает последовательную детализацию проекта. На начальном этапе осуществляется эскизная проработка объекта, позволяющая сформировать общую концепцию и определить основные объемно-планировочные и архитектурные решения. Далее разрабатывается проектная документация, в рамках которой уточняются и обосновываются принципиальные технические решения, формируются и фиксируются основные технико-экономические показатели объекта. На следующем этапе разрабатывается рабочая документация, предназначенная для непосредственного обеспечения строительного процесса и содержащая детализированные решения, спецификации, узлы, чертежи и иные сведения, необходимые для выполнения строительно-монтажных работ. Однако на практике получила распространение модель, при которой проектная и рабочая стадии частично либо полностью совмещаются, а в отдельных случаях строительные работы организуются преимущественно на основании рабочей документации без предварительной полноценной разработки проектной документации. Такой подход позволяет потенциально сократить сроки подготовки документации и снизить первоначальные затраты на проектирование, однако, одновременно изменяет логику принятия проектных решений и переносит значительную часть вопросов, которые должны быть разрешены на стадии проектирования, непосредственно на этап строительства.

Подобная практика несет за собой набор рисков, который в последствие приводит к негативным последствиям. Риски данной практики можно разделить на группы:

1. Технические и качественные – когда принципиальные решения принимаются на стадии проработки деталей или непосредственно в процессе строительства. 2. Проектные – когда недостаток проработки принципиальных решений между специалистами смежных областей приводит к несогласованности между разделами и огромному количеству коллизий [1]. 3. Экономические – когда проектирование не учитывает стоимость последующих изменений, что приводит к фактическому увеличению сроков строительства и дополнительным затратам [2]. 4. Временные и организационные – в любом случае принятие проектных решений частично переносится с проектировщиков на участников строительства, что размывает зоны ответственности [3].

Таким образом, сокращение сроков проектирования за счет отказа от последовательной проработки проектных решений может создавать дополнительные технические, организационные и экономические риски. Перенос принципиальных решений на стадию разработки рабочей документации или непосредственно на этап строительства способен привести к увеличению стоимости, сроков и объема переделок. Следовательно, оптимизация проектирования должна основываться не на сокращении необходимых этапов, а на повышении эффективности их выполнения и своевременной фиксации ключевых проектных решений.

Литература

1. Горовой Н.В., Хмельницкая М.К., Плетнева К.Г., Волков А.В. Организация Работы Специалистов При Создании Эксплуатационных Информационных Моделей Исторических Зданий // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 6 (95). С. 65-74.
2. Косарева Ю.Ю., Цыганкова А.А. Влияние корректировок проектной документации на сроки и стоимость строительства // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании.2025. С. 27-32
3. Половцев И.Н. К вопросу о рабочей документации в строительстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. №5. С. 69-71.

УДК 004.032

ЦИФРОВАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ УТРАЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОНУМЕНТАЛЬНОЙ СКУЛЬПТУРЫ В КОНТЕКСТЕ ПАРКОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Гуров А.В., Мальцева И.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

arch@aleksei-gurov.ru, i.n.maltceva@urfu.ru

В практике архитектурной реставрации и реконструкции часто возникает ситуация, когда объект исследования утратил значительную часть своих первоначальных элементов. Восстановление облика памятника по архивным материалам – сложный процесс, требующий синтеза исторических данных и пространственного анализа. На этапе сбора информации исследователь зачастую располагает лишь разрозненными фотографиями, что не позволяет в полной мере оценить объемно-пространственную композицию утраченного объекта.

В качестве примера рассмотрим Памятник покорителям космоса, установленный в ЦПКиО им. В.В. Маяковского в Екатеринбурге (рис. 1). Стела сохранилась до наших дней, однако скульптурные фигуры покорителей космоса были утрачены. Целью данного исследования является попытка воссоздания первоначального облика этих фигур с помощью инструментов искусственного интеллекта.

В рамках работы была применена нейросеть Hunyuan, позволяющая генерировать трехмерные модели на основе фотографических изображений. Исходными данными послужили несколько архивных снимков объекта (рис. 1), а также точные сведения о высоте самого памятника. Процесс загрузки данных в нейросеть осуществлялся по трем различным ракурсам, что обеспечило более точное построение геометрии. Промежуточный результат обработки представлен на рис. 2. Важно отметить, что алгоритм не обладает информацией об истинных размерах объекта и выстраивает пропорции исключительно на основе визуального анализа изображений. Ограничения цифровой реконструкции по неполным визуальным источникам рассматриваются в исследованиях цифровой реставрации монументального искусства [1]. Полученная модель в формате OBJ была импортирована в программный комплекс Blender для масштабирования, а затем интегрирована в среду Revit.



Рис. 1. *Коллаж с памятником покорителям космоса*

Далее, после обработки модели и построения BIM-модели вручную, был получен первоначальный чертеж, который впоследствии можно использовать для включения в техническое задание с пропорциями фигур и их расположением вокруг памятника (рис. 3). Практика применения BIM-технологий в проектах реставрации рассматривается в работе [2].

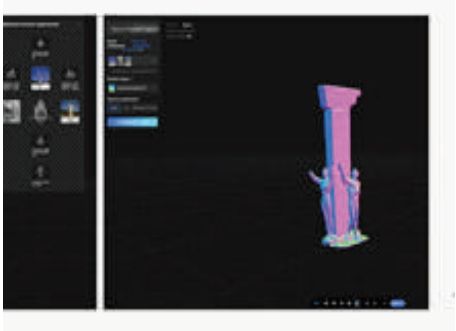


Рис. 2. Интерфейс Hunyuan

Следует подчеркнуть, что данный метод не претендует на абсолютную точность и не может служить полноценной заменой дорогостоящему лазерному сканированию. Однако он представляет собой эффективный инструмент для предварительной оценки масштабов утраченных элементов. Полученные данные позволяют сформировать более точное техническое задание на восстановление и упрощают дальнейшую работу архитектора, давая общее понимание объемов предстоящей реконструкции.

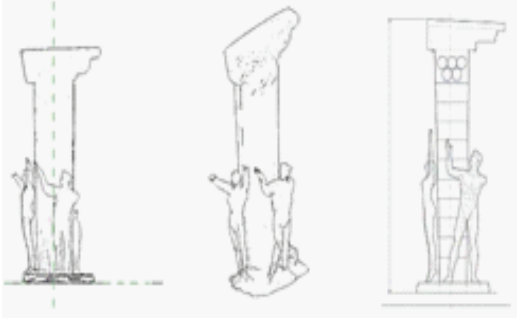


Рис. 3. *Модель в Revit и чертеж после обработки*

Фото и разработки автора

Литература

1. Грейс А.А., Ковалев И.В., Ворошилова А.А. Цифровая реставрация объектов монументального искусства с применением методов компьютерного зрения и машинного обучения // Современные инновации, системы и технологии. 2024. Т. 4, № 4. С. 254–277.
2. Тастанбеков Р. Применение BIM-технологий в проектировании реставрации и реконструкции памятников архитектуры // Экономика и социум. 2025. № 5-2 (132).С. 1505-1511.

УДК 711.4:004.896

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Дар В.В.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия

valiburg@mail.ru

Использование геоинформационных систем (ГИС) в градостроительном проектировании существенно улучшило и ускорило процесс подготовки проектной документации. ГИС-технологии эффективно применяются при преобразовании различных графических документов, приведению их к единому формату, шаблону от различных проектных организаций и структурированию картографических материалов. На основании анализа этих данных проводится градостроительный анализ проектируемой территории, далее предлагается проектное предложение по развитию данной территории. В России применение ГИС-технологий регламентируется Градостроительным кодексом и является обязательным при разработке документов территориального планирования. Используются государственные информационные системы (ГИСОГД), крупные международные платформы (продукты ESRI, QGIS) и отечественные программные продукты (платформа КБ «Панорама», CREDO, Геоскан, Model Studio CS, 2GIS, Яндекс Карты, ЕГРН, ПКК и др.)

Основным преимуществом применения ГИС в градостроительном проектировании является получение объективной и актуальной информации о городских территориях. Далеко не всегда в «Генеральном плане» города отражена информация о строительстве нового жилья, дорог, изменении береговой линии, появлении новых свалок и пр. [1] Данные изменения вносятся в планы на основе дешифрованных космических снимков и дают возможность составить целостную картину современного состояния территории, единую цифровую модель с архитектурно-планировочным (функциональное зонирование, структура землепользования), инженерно-инфраструктурным (транспорт, сети) и природно-экологическим блоками. Важным свойством ГИС является и получении данных о ландшафте: растительности, рельефе, гидрографии. В современном градостроительном проектировании ГИС также позволяют решить одну из самых трудоемких задач: формирование сводной карты ограничений, где одновременно отображаются водоохранные зоны, зоны затопления, а также охранные зоны ЛЭП, памятников архитектуры и др. При строительстве нового объекта ГИС анализирует совокупность всех слоев (уровень грунтовых вод, уклон рельефа, наличие лесного массива, удаленность от существующих инженерных сетей и др.) и предлагает наиболее предпочтительный вариант.

Перспективным направлениям применения ГИС в градостроительном проектировании является расчет транспортных и пешеходных потоков, на основе данных сотовых операторов возможно смоделировать нагрузку на транспортную сеть: определить новые остановки и оптимальные маршруты. Также ГИС применительно для разработки велоинфраструктуры с предоставлением анализа рельефа и связности районов веломаршрутами. Уже сегодня ГИС интегрируется с ЕГРН и муниципальными базами данных для управления земельными ресурсами. Данную интеграцию можно расширить, внеся дополнительные данные о древесно-кустарниковой растительности: вид, возраст, диаметр ствола и пр., создав цифровой кадастр зеленых насаждений. Автором предлагается также экологический мониторинг для выявления «островов тепла» в городе (использование NDVI-индекса), что можно использовать при создании новых скверов, бульваров, связывая уже существующие озелененные территории в единую сеть и обеспечивая климатическую адаптацию [2]. Данный мониторинг может быть использован и для прогнозирования чрезвычайных ситуаций: определение зон затопления при паводках и подъеме уровня воды для ограничения застройки, предупреждение распространения лесных пожаров и планирование маршрутов эвакуации. Актуально также и виртуальное моделирование городской застройки (3D-ГИС) для оценки инсоляции (проверки освещения существующих зданий при возведении нового высотного здания вблизи) и контроля высотных нормативов. Это позволит согласовать архитектурный облик проектируемых зданий с рядом расположенной исторической застройкой еще на этапе проектирования. Архитектор-градостроитель получает возможность увидеть реальный фотопортрет разрабатываемой территории, что существенно упрощает процесс проектирования.

Основное преимущество ГИС в том, что градостроительная документация становится актуальной базой данных, доступной всем архитекторам-градостроителям, минимизируя ошибки при проектировании и эксплуатации территории города. Городские службы на основе ГИС «Генеральный план» могут обмениваться данными, подгружая актуальную информацию по смежным направлениям и создать свои отраслевые ГИС.

Литература

1. Хабаров Д.А., Хабарова И.А., Яворская И.Д. Применение ГИС-технологий в градостроительной деятельности и при выполнении кадастровых работ // Вектор ГеоНаук. 2022. Т.5, №1. С. 39-44.
2. Дар В. В. Применение спутниковых данных при организации системы озелененных пространств города // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 02–03 ноября 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 2023. С. 29.

УДК 711.4:004.9

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ И ПРИОРИТИЗАЦИИ ЗЕЛЁНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРИДНОГО ГОРОДА

Дробченко Н.В.

Самаркандский государственный технический университет имени Мирзо Улугбека, Самарканд, Узбекистан

drobchenko.natalya@samdaqu.edu.uz

Развитие зеленой инфраструктуры является важным направлением повышения климатической устойчивости городской среды. Для Самарканда, характеризующегося засушливым климатом, жарким сухим летом и ограниченными водными ресурсами, особое значение приобретает рациональное размещение зелёных насаждений с учетом сложившейся застройки и историко-культурной среды [1].

Цель исследования – разработка системы критериев предварительной оценки и приоритизации территорий для развития зелёной инфраструктуры аридного города. На основе анализа геоинформационных методов систематизированы показатели растительного покрова, температурного состояния поверхности и пространственных ограничений, определяющие выбор направлений озеленения [2].

Информационная структура оценки включает мультиспектральные и тепловые данные Landsat, границы городской территории и сведения о существующих насаждениях. Определена последовательность анализа: отбор спутниковых снимков сопоставимого сезона с контролем облачности, расчёт нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), обработка спутникового продукта температуры земной поверхности (LST) с учётом коэффициентов масштабирования и показателей качества, пространственное сопоставление показателей. NDVI характеризует растительный покров, а LST – температуру земной поверхности; их совместная интерпретация требует учета типа покрытия и характера застройки [3].

Для реализации методической последовательности определены инструменты QGIS: растровый калькулятор, маскирование, зональная статистика и тематическое картографирование. В результате методического анализа сформирована система критериев предварительной приоритизации, объединяющая NDVI, LST, доступность земель, водообеспечение и градостроительные ограничения. Выделены три направления предпроектных решений: предварительное обследование участков с низким NDVI и высокой LST для оценки возможностей дополнительного озеленения; сохранение существующих зелёных насаждений; дополнительное обследование территорий с ограничениями по водообеспечению и землепользованию [4].

Разработанная система критериев устанавливает последовательность предварительной оценки территорий для развития зеленой инфраструктуры аридного города. Её практическое значение заключается в разграничении направлений сохранения существующих насаждений, предварительного обследования участков для дополнительного озеленения и оценки территорий с ограничениями по водообеспечению и землепользованию.

Литература

1. Дробченко Н.В. Экономическая эффективность внедрения зелёной инфраструктуры в историческую среду Самарканда // Экономика и экология территориальных образований. 2025. Т. 9, № 3. С. 53–60. DOI: 10.23947/2413-1474-2025-9-3-53-60.
2. Drobchenko N., Karimova D., Yunusova K., Baikulova N. Digital and Data-Driven Approaches to Sustainable Landscape and Green Infrastructure Planning in Arid Cities: A Methodological Framework // Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT. 2026. Vol. 14, Issue 4. P. 1851–1857.
3. Munyati C. Detecting the air-cooling effect of urban green spaces in a hot climate town relative to land surface temperature on Landsat-9 thermal imagery // Advances in Space Research. 2024. Vol. 74, No. 10. P. 4598–4615. DOI: 10.1016/j.asr.2024.07.027.
4. Bakolo C., Kayitete L., Tuyizere J. de D., Tomlinson J., Fawcett J., Figueroa Alfaro R. Identification of optimal locations for green space initiatives through GIS-based multi-criteria analysis and the analytical hierarchy process // Environmental Systems Research. 2024. Vol. 13. Art. 46. DOI: 10.1186/s40068-024-00377-0.

УДК 681.5:004.896:696.2

МНОГОАГЕНТНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК СИСТЕМЫ МИКРОКЛИМАТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Душкин Р.В.[1], Душкин К.Р.[2], Лапаева В.А.[3]
[1]Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия
[2]МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
[3]Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия
drv@aia.expert, kdushka@yandex.ru, lapaeva.vitalia@gmail.com

Современные системы управления инженерным оборудованием зданий должны одновременно обеспечивать требуемые параметры микроклимата, энергетическую эффективность, надёжность оборудования и безопасность эксплуатации. Традиционные централизованные схемы автоматизации и жёстко заданные алгоритмы недостаточно адаптивны к изменению внешних условий, количества пользователей помещений, режимов эксплуатации и состояния инженерных устройств.

Целью работы является разработка архитектуры многоагентного функционального цифрового двойника системы микроклимата интеллектуального зданиядля адаптивного формирования управляющих воздействий на оборудование класса HVAC. В основу положен функциональный подход, согласно которому состояние объекта управления, обработка телеметрии, выбор сценария и управляющее воздействие задаются композициями функций с явно определёнными входами, выходами и ограничениями. Такой способ представления обеспечивает воспроизводимость алгоритмов, трассируемость оснований принимаемых решений и модульное развитие программной среды. Возможность построения функционального двойника системы управления микроклиматом и объединения реактивных правил, прогнозных моделей и механизмов энергооптимизации показана в статье [1].

Предлагаемая архитектура включает агентов мониторинга, реактивного контроля, прогнозирования, оптимизации, координации и исполнения. Агенты мониторинга получают и нормализуют сведения о температуре, влажности, концентрации CO_2, присутствии людей и состоянии оборудования. Реактивные агенты реализуют правила безопасной эксплуатации и формируют безотлагательные действия при выходе параметров за допустимые границы. Агенты прогнозирования и оптимизации оценивают возможные состояния внутренней среды, вырабатывая допустимые сценарии функционирования HVAC-оборудования. Агент координации согласует предложения агентов с учётом следующей иерархии приоритетов: безопасность, сохранность оборудования, комфорт, энергоэффективность. Исполнительные агенты преобразуют подтверждённые решения в управляющие команды с учётом технических ограничений конкретных устройств.

Взаимодействие агентов реализуется посредством асинхронного обмена структурированными сообщениями: каждый агент публикует предложение с указанием целевого состояния управляемого параметра, требуемых ресурсов и оценки последствий. Агент координации верифицирует совместимость предложений, разрешает конфликты в соответствии с установленной иерархией и формирует консолидированное управляющее воздействие. Функциональное представление каждого шага позволяет применять методы статической верификации для проверки выполнимости ограничений безопасности до передачи команды исполнительному агенту, что принципиально отличает предлагаемую архитектуру от систем, оценивающих корректность управляющих воздействий постфактум. Работоспособность архитектуры подтверждена имитационным моделированием на модели административного здания: в сравнении с централизованной схемой зафиксировано сокращение времени реакции на аварийные события и снижение расчётного энергопотребления при сохранении нормативных параметров внутренней среды.

Многоагентная организация расширяет функциональный цифровой двойник возможностью локального выполнения части вычислений на периферийных устройствах инженерных систем. Это уменьшает зависимость от единого центра управления, сокращает задержки реакции и позволяет сохранять базовые функции контроля при нарушении связи с внешними сервисами, исключая неуправляемое состояние оборудования. Для обеспечения проверяемости решений предусматривается ведение журнала состояний, предложений агентов, учтённых ограничений и выбранных управляющих воздействий.

Предложенная модель рассматривается как средство интеллектуализации HVAC-системы: её автономность повышается за счет передачи локальным агентам рутинных безопасных реакций, а адаптивность — благодаря использованию прогнозных моделей и корректировке сценариев управления в изменяющейся среде. Критические и конфликтные решения сохраняются в области доверия оператора. Разработанная архитектура может быть использована при создании и модернизации систем управления инженерной средой интеллектуальных зданий.

Литература

1. Душкин Р. В., Климов В. В. Имитационное моделирование функционального двойника системы управления микроклиматом интеллектуального здания // Программные системы и вычислительные методы. 2025. № 2. С. 165–174. DOI: 10.7256/2454-0714.2025.2.74270.

УДК 378.147:004.89:697

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Згода Ю.Н., Уляшева В.М.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
yurii.zgoda@yandex.ru, ulyashevavm@mail.ru

Лекционный материал дисциплин архитектурно-строительного профиля зачастую включает в себя большое количество схем, иллюстраций и анимаций. В зависимости от рассматриваемой дисциплины и темы занятия, это могут быть как простые черно-белые схемы, так и сложные анимации с большим количеством элементов, цветовым выделением и аннотированием различных типов узлов.

Применение анимаций в электронных наглядных пособиях зачастую повышает эффективность обучения студентов [1]. В сравнении со статической схемой, анимация позволяет в нужные моменты лекции акцентировать внимание студентов на конкретных областях, наглядно визуализировать различные процессы (например, движение теплоносителя в трубах) и т. д.

В то же время, разработка анимированных наглядных пособий оказывается значительно сложнее в сравнении с разработкой статических схем и иллюстраций. Преподаватель должен владеть не только инструментами растровой и/или векторной графики, но и инструментарием анимации. Более того, разработка анимаций требует существенных затрат с точки зрения времени и усилий.

Целью данной работы является анализ возможностей применения искусственного интеллекта (ИИ) для разработки электронных наглядных пособий при ведении профильных дисциплин студентов направления «Теплогазоснабжение и вентиляция». В рамках этой цели были решены такие задачи, как обзор применимости различных ИИ-инструментов для генерации наглядных пособий, сравнение их преимуществ и недостатков,

а также валидация на различных тестовых задачах.

С развитием возможностей генеративного искусственного интеллекта в последние годы появилась возможность создания иллюстраций и анимаций по текстовому описанию. Другими словами, можно подробно описать ожидаемую схему или анимацию в виде запроса (или промпта) – в текстовом виде, без программирования или особого синтаксиса – и сгенерировать схему автоматически.Однако при использовании специализированных ИИ для генерации анимаций имеется ряд ограничений, такие как лимит длительности анимации и высокая стоимость генерации. Кроме того, многие подобные ИИ ожидают промпт на генерацию и не позволяют «вести диалог» с постепенным уточнением требований и внесением локальных корректировок.

Для решения этой проблемы рассматривается альтернативный подход, заключающийся в генерации анимаций программным путем, при этом код для анимации создается через большую языковую модель (англ. Large Language Model – LLM). Современные LLM могут корректно отвечать на различные технические вопросы, оперировать формулами, законами и теоремами, комментировать и пояснять изображения и схемы. При этом они способны генерировать код на разных языках программирования [2].

В рамках данной работы LLM получает на вход изображение-схему из лекционного цикла и/или текстовое описание. Схема может быть как изначально цифровой, так и отсканированной (в том числе нарисованной от руки). Задание для LLM заключается в том, чтобы написать код на языке программирования Python для генерации наглядной иллюстрации рассматриваемого процесса с использованием программной библиотеки Manim.

При использовании этого подхода любое изменение анимации сводится к редактированию программного кода. Поэтому, при желании, последующие правки можно вносить без использования ИИ. LLM работает в режиме чата, что позволяет вести итерационную работу: уточнять требования, изменять различные аспекты анимации.

Подход был успешно апробирован на бенчмарках различной сложности. По результатам анализа обнаружено, что он позволяет в короткие сроки разработать качественный программный код построения анимаций и выполнять его редактуру. Благодаря этому возможно сконцентрироваться на реализации педагогических идей, а также сократить время работы с инструментами презентации и анимации при подготовке лекционного материала.

Литература

1. Berney S., Bétrancourt, M. Does animation enhance learning? A meta-analysis // Computers & Education. 2016. Vol. 101. P. 150–167.
2. Bistarelli S., Fiore M., Mercanti I., Mongiello M. Usage of large language model for code generation tasks: areview // SN Computer Science. 2025. Vol. 6.

УДК 72.01:378.147

БУДУЩЕЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЭПОХУ ИИ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Зыкова Н. Г.
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Zykova.n@inbox.ru

Разговоры о том, заменит ли нейросеть архитектора, представляется преждевременными, а вот вопрос, что она уже сделала с учебной мастерской, вполне назрел. На просмотрах последних лет все чаще попадаются работы, где сгенерированный фасад появился раньше, чем студент успел побывать на участке. Иногда это заметно сразу: вокруг сибирского двора цветут растения, которых в наших широтах не бывает, а тень от навеса падает не туда, куда ей положено в октябре.

Литература вопроса пока скорее описывает, чем объясняет проблему. Обзор Аламаси и Асфура, выполненный по методике PRISMA, фиксирует: генеративные инструменты облюбовали ранние стадии (поиск идеи, концепция, картинка), а в рабочее проектирование и детализацию почти не проникают [1]. Авторы честно признают, что данных о долгосрочном влиянии генерации на мышление студентов у науки по сути нет [1]. Сегье, рассуждая об академической честности, формулирует жестче: избыточная опора на генерацию есть «значимый педагогический риск, ведущий к проектной фиксации, творческому блоку и деградации фундаментальных архитектурных компетенций» (пер. авт.) [2]. Слово «фиксация» здесь точное. Студент, получивший от машины эффектный образ, редко с ним расстаётся, даже когда образ противоречит заданию.

Применение запретительных мер представляется нецелесообразным ввиду их неэффективности, хотя бы потому, что они не работают. Нейросеть за полчаса даёт тридцать вариантов там, где раньше за неделю рисовали три; вопрос лишь в том, что с этими тридцатью происходит дальше. Если они ложатся в подачу как есть, обучения не случилось. Если становятся поводом для спора на клаузуре (почему этот, а не тот? что здесь от участка, а что от обучающей выборки?), это уже педагогика. Языковой модели можно поручить растолковать студенту задание или подобрать литературу, с этим она справляется; оценивать работу – нет, и позиция автора совпадает с человекоцентричной установкой ЮНЕСКО [3]. По поводу модных связок «ИИ плюс BIM плюс экология»: картинка с панелями и зеленью на кровле не есть энергетический расчёт, как бы убедительно она ни выглядела.

Под сознательным проектированием понимается не методика в строгом смысле, а сформировавшаяся на практике последовательность действий в рамках задания, которая пока не прошла проверку на уровне всего учебного потока. Порядок такой. Сначала студент идёт на участок и работает руками: обмер, зарисовки, черновой макет из картона. Только после этого допускается генерация, с условием, что запросы и все полученные варианты сохраняются. Затем отбор, и отбор обязан быть аргументированным: сверка с рельефом, ориентацией по сторонам света, снеговой нагрузкой, нормами доступности и, наконец, с тем, что вообще принято строить в этом месте. Потом проверка в масштабе: план, разрез, узел. И защита, на которой спрашивают не «красиво ли», а «откуда взялось». Принципов, если их всё же выписать, четыре: ремесло раньше инструмента; машина предлагает, человек решает; процесс виден; ответственность не делегируется.

Самое трудное здесь оценка. Привычка ставить балл за подачу укоренилась глубоко, и именно её нейросеть эксплуатирует лучше всего. Поэтому главным документом работы становится дневник проектирования, куда записано, какие сервисы использованы, какие запросы заданы, что отброшено и почему, что переделано руками. Сегье описывает похожий сдвиг от оценки продукта к оценке процесса (устная защита, рефлексивная документация, поэтапная сдача) как наиболее разумный институциональный ответ [2]. Критерии, которыми пользуюсь сама: качество анализа места, логика развития идеи, реализуемость, самостоятельность суждения и открытость в том, что делала машина. Веса критериев остаются предметом спора; результат во всяком случае стоит соотносить с уровнем, с которого студент начинал.

Что нужно от вуза? Не так уж много: короткий курс грамотности в области ИИ для первокурсников, такие же занятия для преподавателей (здесь сопротивление, пожалуй, сильнее), доступ к проверенным инструментам, чтобы не плодить неравенство между теми, кто платит за подписку, и теми, кто нет, и внятные правила обращения с чужими изображениями и данными [3]. Мастерская при этом становится гибридной: карандаш, макет, BIM и генератор работают в одном задании, а не в разных дисциплинах.

Итог сформулирую осторожно. Архитектурное образование не исчезнет и не превратится в курс промпт-инженерии. Но оно станет другим: учить придётся не столько рисовать варианты, сколько выбирать из них и отвечать за выбор. Для этого, как ни странно, фундаментальная подготовка нужна больше, а не меньше, чем прежде.

Литература

1. Alamasi R., Asfour O.S. Applications of Generative AI in Architectural Design Education: A Systematic Review and Future Insights // Digital. 2026. Vol. 6, № 1. Art. 6. DOI: 10.3390/digital6010006.
2. Seghier T.E. Artificial intelligence and academic integrity in architectural education: challenges, risks, and future directions // Frontiers in Education. 2026. Vol. 11. Art. 1958989. DOI: 10.3389/feduc.2026.1958989.
3. Miao F., Holmes W. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023. 44 p. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693.

УДК 69.04:004.942

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТАХ СТУДЕНТОВ УРГАХУ

Карпунин В.Г.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия
sl.karpunin@yandex.ru

Компьютерные модели строительных конструкций являются одними из основных компонентов информационных моделей зданий и сооружений. В соответствии с положениями ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» для каждого предельного состояния, которое необходимо рассматривать при проектировании, должны быть установлены расчетные модели конструкций зданий и сооружений, описывающие их поведение при наиболее неблагоприятных условиях в процессе возведения и эксплуатации. Установленные расчетные модели позволяют обосновать прочность и устойчивость строительных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп при статическом и динамическом воздействиях различных нагрузок: собственного веса, полезных нормативных и эксплуатационных нагрузок, ветровой, сейсмической, снеговой и других нагрузок.

Основой для построения расчетных компьютерных моделей в настоящее время является метод конечных элементов (МКЭ). Основные положения МКЭ были сформулированы в 70-х годах прошлого века. МКЭ позволил построить единообразные процедуры расчета различных строительных конструкций: ферм и рам, составленных из одномерных стержней, двумерных конструкций плит и балок-стенок, трехмерных фундаментных конструкций и т.д.

Для ознакомления студентовпо специальности «Архитектура» с современными методами построения расчетных компьютерных моделей строительных конструкций на сервере УрГАХУ в 2016 г. был установлен учебный вариант пакета программ ЛИРА-САПР [1]. С 2016-17 учебного года студентам-бакалаврам 5-го курса по направлению Архитектура (профиль «Архитектурное проектирование») в течение осеннего семестра преподается учебный курс «Компьютерное моделирование строительных конструкций». Для преподавания учебного курса разработана рабочая учебная программа дисциплины [2] и опубликованы учебно-методические пособия [3–5].

В процессе обучения студенты знакомятся с возможностями пакета ЛИРА-САПР, сервисами по построению компьютерных моделей строительных конструкций. Кроме аудиторного обучения в компьютерном классе студенты выполняют самостоятельные расчетно-графические работы по моделированию строительных конструкций: плоских многоэтажных ферм и рам, плит перекрытий и балок-стенок сложной формы в соответствии с индивидуальными заданиями [3-4].

Согласно требованиям выпускающих кафедр при выполнении выпускной квалификационной работы (ВКР) студенты должны построить компьютерную модель фрагмента строительных конструкций разрабатываемого проекта. Результаты построенной модели оформляются в виде раздела пояснительной записки к проекту. Поэтому изучение студентами учебного курса «Компьютерное моделирование строительных конструкций» является подготовительным этапом для выполнения ВКР.

В ходе выполнения ВКР студенты строят сложные компьютерные модели строительных конструкций. В докладеанализируются компьютерные модели строительных конструкций, построенные студентами при подготовке ВКР. Рассматриваются построенные компьютерные модели несущих строительных конструкций из различных материалов: стали, железобетона и дерева.

Опыт преподавания учебного курса «Компьютерное моделирование строительных конструкций» и ВКР показали, что студенты успешно осваивают пакет программ ЛИРА-САПР и используют полученные знания и навыки при подготовке раздела ВКР по построению компьютерных моделей конструкций.

Литература

1. ЛИРА-САПР : версия 2019. Москва, 2019. 1 CD-ROM.
2. Рабочая учебная программа дисциплины «Компьютерное моделирование строительных конструкций» / сост. В. Г. Карпунин ; УрГАХУ. Екатеринбург : УрГАХУ, 2016. 11 с.
3. Карпунин В. Г. Компьютерное моделирование плоских ферм и рам в программном комплексе ЛИРА-САПР : учебно-методическое пособие. Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. 126 с.
4. Карпунин В. Г. Компьютерное моделирование плит и балок-стенок в программном комплексе ЛИРА-САПР : учебно-методическое пособие. Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. 107 с.
5. Карпунин В. Г. Компьютерное моделирование строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА-САПР : учебное пособие. Екатеринбург : Архитектон, 2018. 323 с.

УДК 728.71

НОВЕЙШИЕ СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОУСТОЙЧИВЫХ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ПОСЕЛЕНИЙ

Кизилова С.А.

Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, Россия

s.kizilova@markhi.ru

Глобальные вызовы, связанные с обеспечением безопасности в условиях пост-чрезвычайных ситуаций, побуждают к поиску прогрессивных методов пространственной компоновки быстровозводимых поселений на принципах экоустойчивости [1]. Современные исследования аккумулируют доступные подходы к организации поселений на принципах мобильности и модульности [2]. Предлагаются отдельные концепции быстровозводимых объектов для экстремальных условий среды [3]. В настоящем исследовании разработана комплексная классификация актуальных стратегий организации быстровозводимых поселений, систематизирующая не только доступные технологии, но и ориентированная на будущее развитие отрасли и совершенствование строительных материалов и конструкций.

Рассмотрим элементы полученных классификаций более подробно. Рядовая организация предусматривает пространственную компоновку быстровозводимых жилых единиц в виде упорядоченных линий застройки. Организованные улицы позволяют обеспечить одинаковый доступ к жилищу с целью обслуживания, доставки провизии, замены и ремонта жилых модулей. Рядовая организация на основе блокированных рядов может быть применена в условиях стесненной застройки с целью уменьшения экономических расходов на инсталляцию ячеек, а также для снижения теплопотерь в регионах с холодным климатом. В случае периметральной организации жилые модули компонуются для образования дворов и кварталов по образу постоянных поселений. Это позволяет создать более гуманную, сомасштабную человеку среду с возможностью включения объектов социальной и культурной инфраструктуры в состав временных поселений. Концентрическая организация рядов позволяет формировать площади, скверы в рамках нового поселения и группировать жилые ячейки вокруг общего ядра – социального, производственного, культурного. Рассредоточенная организация позволяет создавать уникальные пространства, формируя более живописную, камерную застройку, способствует включению новых поселений в историческую среду.

Технологии будущего стимулируют более сложные пространственные решения, ориентированные на постепенную трансформацию временного поселения в постоянное.

При кластерной организации поселения, формируется скопление жилых единиц, объединяющее в единой структуре все процессы жизнедеятельности. Такая организация поселения способствует включенности, компактности, ускорению коммуникационных процессов. Неометаболические структуры позволяют формировать устойчивый пространственный каркас, в который могут встраиваться новые ячейки, наследуя принципы метаболизма 1960-х гг. Жилое поселение представлено как растущая, гибкая и адаптивная структура, ориентированная на будущие вызовы. При сетевой организации модули формируют бесшовную сеть, как правило, равномерно заполняющую искомый ландшафт. В рамках сети повышается связанность и доступность, создаваемые пространства имеют одинаковую иерархию. Вертикальная организация позволяет формировать высотные структуры, минимизирующие площадь застройки и позволяющие эффективно заполнять невостребованные участки в городской среде.



Рисунок. *Пример неометаболической организации быстровозыодимого поселения. URL: www.evolo.us/horizontal-city-of-no-nation/*

Финансирование: Исследование выполнено за счёт средств государственной программы фундаментальных научных исследований Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы) в рамках Плана фундаментальных научных исследований РААСН и Минстроя России на 2026 год, тема № 1.2.3.3 «Разработка научных основ проектирования быстровозводимых жилых зданий на территориях, подвергшихся воздействию антропогенных, природных и техногенных факторов»

Литература

1. МанееваТ.О. Принципы устойчивой архитектуры. влияющие на формирование генплана экопоселения// Экономика строительства. 2022. № 4(76). С. 95-100.
2. Лошаков П.И. Модульные быстровозводимые постройки. Функциональные возможности и эффективность применения // Инновации и инвестиции. 2022. № 10. С. 182-187.
3. Volichenko O., Ogorodnikov S. Experimental Modular Housing for Far North Conditions // Journal of Architectural Engineering. 2026. Vol. 32, No. 1. P. 04025052. DOI: 10.1061/jaeied.aeeng-2085.

УДК 69+004.9

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДАННЫМ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ДАННЫХ

Клековкин Е.А.
Научный руководитель: д-р экон. наук, проф. Тарануха Н.Л.
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия
z0h0e0n0y0a@gmail.com

Алгоритмический подход к проектированию строительных конструкций, подразумевающий создание объектов моделей и чертежей посредством программного кода, зарекомендовал себя как эффективное средство автоматизации процессов проектирования. Однако потенциал данного подхода в части повышения эффективности оптимизации и вариантной проработки конструктивных решений остается недостаточно исследованным. Растущий запрос на оптимизацию конструктивных решений с учетом всего жизненного цикла объекта строительства [1] в условиях сокращающихся сроков на проектирование делает актуальным исследование процесса проектирования с применением новых технологий и подходов.

Целью данной работы является анализ возможностей по оптимизации процессов сравнения конструктивных решений объектов строительства на основе внедрения инструмента оценки технологичности несущих строительных конструкций в процесс вычислительного проектирования.

В ходе исследования была разработана методика оценки строительных конструкций на основе интегрального критерия технологичности [2], определяющегося обобщением частных показателей технологичности по группам, соответствующим этапам жизненного цикла: изготовление, транспортировка, монтаж, эксплуатация. Для учета разноразмерных показателей применяется нормирование, вклад каждого показателя определяется с помощью коэффициентов весомости, интегральный критерий принимает значение от 0 до 1, большее значение соответствует более эффективному варианту. Автором был разработан соответствующий алгоритм, реализованный с помощью визуального программирования [3]. На основе данного алгоритма и инструмента интегрированного параметрического моделирования [4] была разработана программа для оценки технологичности конструкций автоматизированным способом. Научная новизна подхода заключается в использовании внешнего источника данных – среды визуального программирования, для объединения функций параметрического моделирования и динамического извлечения целевых показателей эффективности проектного решения, на основе которых интерактивно определяется комплексный критерий, учитывающий весь жизненный цикл строительных конструкций.

Тестирование предложенного подхода и разработанной программы было произведено на примере проектирования бескранового стального каркаса промышленного здания складского назначения размерами 12х24м, рассматривались варианты каркаса с балкой и фермой в покрытии. Структура интегрального критерия технологичности для данного примера была детализирована включением показателя, отражающего общую массу металла с учетом отходов производства. Для вычисления данного показателя была решена задача оптимизации раскроя металла. В результате эксперимента получены значения интегрального критерия 0,92 для варианта с балкой и 0,89 для варианта с фермой. Выявлен значительный прирост производительности труда при использовании предложенного подхода по сравнению с проектированием без использования скриптов – более 100% на рассмотренном примере. Вычислительный подход характеризуется более стабильным и предсказуемым уровнем трудозатрат проектировщика. Использование интегрального критерия технологичности для оценки жизненного цикла конструкций по данным трехмерной информационной модели позволило учесть множество факторов и более объективно сравнить варианты проектных решений. Вместе с тем отмечены значительные трудозатраты на разработку скрипта. В ходе анализа результатов выявлена необходимость дальнейших исследований, посвященных определению значений коэффициентов весомости для дифференциальных и обобщенных показателей в составе интегрального критерия.

Литература

1. Cucuzza R. Integration of Life Cycle Assessment in Structural Optimisation of Steel Structures / R. Cucuzza, M. Domaneschi, M. Movahedi Rad [et al.] // Resilience, Earthquake Engineering and Structural Health Monitoring: ICONREM 2024 / eds. G. P. Cimellaro, Y. Zhou, A. Cardoni, F. Ansari. Cham: Springer, 2025. (Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 770). DOI 10.1007/978-3-032-08407-1_16.
2. Гайдо А.Н. Методология выбора эффективных способов производства специальных работ в грунтах по критерию технологичности: дис. … д ра техн. наук: 05.23.08. 2021. 338 с.
3. Aish R., FisherA., Orchard D., Torry J. Programming Languages for the Future of Design Computation // Proceedings of the 2024 ACM SIGPLAN International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (Onward! '24). New York, 2024. 25 p. DOI 10.1145/3689492.3689812.
4. Клековкин Е.А. Алгоритмическое проектирование несущих конструкций промышленных зданий в среде визуального программирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2025. № 4. С. 56–68. DOI 10.34031/2071-7318-2025-10-4-56-68.

УДК 721.001

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ЗАЛОВ: ТРЕБОВАНИЯ К 2D-ИНСТРУМЕНТАМ

Колмаков А.В. , Игнатьева В.О.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
kolmakov_av@mail.ru, ignatyeva_vo@list.ru

В проектной деятельности архитектора пространственное мышление является необходимым условием. При этом 2D-среда формирует базу для создания планировочных и фасадных решений (моделирование сложных объектов – это результат выполнения работы в 2D-среде) [1, 2]. В этой связи остается актуальной разработка и совершенствование 2D-инструментов.

В качестве примера создания сложного по геометрии объемного решения может служить проектирование пространства зрительных залов, где помимо эстетических качеств необходимо учитывать акустические требования. Объемное решение зала создается путем формирования набора характерных сечений в горизонтальных и вертикальных плоскостях. Для архитектора сложность проектирования зрительных залов сводится к тому, чтобы зарезервировать достаточный объем, который будет выгорожен несущими конструкциями. При этом нужно решить ряд важных задач: корректно разместить расчетное число слушателей, снабдить их достаточным для назначения зала объемом воздуха и сформировать плоскости стен таким образом, чтобы отраженная звуковая энергия была доставлена в определенные зоны зала. Успешное решение этих задач позволит инженеру-акустику выполнить свою часть работы без изменения заданных проектных параметров (вместительность, назначение и пр.). В результате слаженной совместной работы архитектора и инженера-акустика становится возможным создание зрительного зала с хорошим звучанием и выразительным интерьером.

Формированию объемного решения, как правило, предшествует работа с планом зала и продольным разрезом. Удачный результат решения контура плана и разреза зала определяет надлежащая лучевая картина (формирование зон волновых отражений от ограждающих конструкций, выгораживающих объем зала). Для построения лучевых картин в графических редакторах используется инструмент «Отражение». Учитывая характер проектной работы, когда путем поиска и подбора требуется определить «идеальный» наклон поверхности по отношению к источнику звука, возникает потребность в автоматизации процесса. Для оперативного формирования лучевой картины требуется новый дополнительный инструмент, который условно можно назвать «Отражение от плоскости». Инструмент предполагает автоматическое формирование зоны отраженных лучей при построении звукового луча от условного источника звука. Учитывая потребность исключения дифракционных явлений на краях плоскости (линии), должна быть предусмотрена соответствующая настройка, позволяющая уменьшать зону отражения на определенную величину с каждого края (сначала и конца линии).

Предполагаемая логика применения инструмента такова: пользователь активирует инструмент и строит отрезок от предполагаемого источника звука до исследуемого участка поверхности (линии или дуги), в момент наведения курсора на исследуемый объект редактор демонстрирует зону распространения отраженных лучей. Формирование лучевых картин зрительных залов подразумевает их построение внутри замкнутого объема. Соответственно, в следующей настройке инструмента должна учитываться возможность, по завершении работы инструмента, формирования области полупрозрачной заливки, ограниченной плоскостями (линиями) противоположных стен, что будет способствовать визуальному контролю корректности построения.

Разработку и внедрение данного инструмента можно будет воспринимать как первый шаг на пути к созданию отечественных специализированных программных продуктов или плагинов в составе редакторов векторной графики для проектирования акустики зальных помещений. Например, в графическом редакторе «NanoCAD», наряду с вкладками типа «Топоплан», «СПДС» и пр., собрать перечень инструментов, позволяющих комплексно, в соответствии с требованиями СП 51.13330, формировать корректную геометрию зала, выгружать расчетные данные зала в интерактивные таблицы (объем и площади выгораживающих его плоскостей) и рассчитывать акустические показатели зала (структуру ранних отражений, время реверберации и пр.).

Литература

1. Дашиев Т. А. Разработка эффективного планировочного решения офисного пространства путем прогнозируемой организации социального пространства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11, № 3(38). С. 510-519. DOI 10.21285/2227-2917-2021-3-510-519. EDN IQWSUW.
2. Терех М. Д., Донова Д. И. Перспективы развития функционально-планировочных решений жилой среды с использованием генеративного дизайна // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 г. / под общ. ред. А.А. Семенова. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021. С. 230-239. DOI 10.23968/BIMAC.2021.030. EDN LGHOGL.

УДК 004.92 + 72.021

АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭСТАКАДЫ В ПРОЕКТЕ РЕКОНСТРУКЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ К ЧМ-2018 ПО ФУТБОЛУ

Комарова М.Н.
Союз архитекторов России, Ульяновск, России
zvukizdania@gmail.com

Образы эстакады (см. рисунок), представленные в данной статье, были смоделированы группой визуализаторов в программе 3ds Max в формате видеопрезентации на основе архитектурных решений, разработанных группой архитекторов московской организации «Институт «Каналстройпроект» в 2014 году. Сооружение эстакады по ул. Токарей длиной 1020 м от ул. Репина до ул. Синяева планировалось в комплексе с размещением на наземном уровне перспективных трамвайных путей, а также с созданием подземных пешеходных переходов. Реконструкция улично-дорожной сети предполагалась как часть подготовки города Екатеринбурга к матчам групповой стадии Чемпионата мира по футболу в 2018 году [1].

Проектирование осуществлялось удалённо в зимний период, поэтому для уточнения градостроительной ситуации и геометрии проектируемого объекта, а также для изучения прилегающей застройки с последующей прорисовкой её контуров в AutoCAD и объемов в ArchiCAD были использованы картографический сервис Google Maps и система Google Street View. Основой проекта стала сложившаяся застройка Верх-Исетского административного района, для ее защиты от шума в конструкциях ограждения эстакады были предусмотрены акустические экраны. Их размещение и параметры подбирались с учетом высотных отметок, панорамных видов и нормативных требований к транспортной инфраструктуре [2–4]. Архитектурные решения ограждения эстакады были выполнены в 4-х вариантах: традиционное кованое, кованое с гербом города, с фигурой бегущего соболя и четвёртый вариант – со светодиодной лентой. Видеопрезентация с имитацией движения в разное время суток и с добавлением эффектов освещения для оценки визуальных характеристик ограждения, свидетельствует о том, что эстакада в целом, как новая транспортная структура, сохраняет градостроительную логику территории и выступает устойчивым элементом городской среды.



Рисунок. *Кадры из видео-презентации: а) вариант ограждения с фигурой бегущего соболя; вечерний вид с вариантом ограждения со светодиодной лентой: б) движение под эстакадой, в) движение по эстакаде; г) общий вид эстакады с ул. Репина. Проект автора, 2014*

Литература

1. Комарова М.Н. Применение цифровых технологий при создании проекта реконструкции улично-дорожной сети в Екатеринбурге к ЧМ-2018 по футболу // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Г.Б. Захаровой. Екатеринбург: УрГАХУ, 2025. С. 25.
2. Гибшман М. Е., Попов В. И. Проектирование транспортных сооружений. М.: Транспорт, 1988.447 с.
3. Белоусов В. Н. и др. Градостроительство. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1978. 367 с.
4. СП51.13330.2011 «Защитаотшума». Москва, 2011

УДК 519.237.5:69.07

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ КРЕНА КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Кондратьев С.О.
ООО «Георекonструкция – ПО», Санкт-Петербург, Россия
kondratev.s@yandex.ru

Согласно нормативным положениям СП 22.13330 [1] крен строительных конструкций является обязательным контролируемым параметром при новом строительстве (зданий любой высоты) или реконструкции – при III геотехнической категории сложности, а также при реконструкции памятников архитектуры (исторических и уникальных зданий). Кроме этого, крен необходимо контролировать для зданий окружающей застройки, попадающей в зону влияния строительных работ. В этом случае ключевым является глубина котлована и высота окружающей застройки. Такими случаями являются: глубина котлованадо 10 м, III категория сложности и высота объекта окружающей застройки более 75 м; глубокие котлованы (10 м и более) – независимо от геотехнических категорий.

Контроль крена в практическом плане и согласно СП 305.1325800.2017 [2] может быть реализован геодезическим и параметрическими методами контроля. Наиболее показательны, исходя из опыта, – средства автоматизированного геотехнического мониторинга [3], к которым относятся инклинометры. Контроль крена возможен в континуальном (непрерывном) и дискретном режимах. Это позволяет иметь наглядную и репрезентативную картину данных, которые отражают динамику технического состояния. Таким образом, получаемые значения наклона разных частей конструкций или наблюдаемого здания подлежат корреляционному анализу после первичной обработки «сырых» данных и исключения фактора температурных воздействий [4].

Практическая значимость данного анализа заключается в оперативном определении изменения отклика здания – характера наклона, а также в возможности оценить влияние строительства на колебания (крен) конструкций. Таким образом косвенно оценивается совместность их работы и являются ли они «фоновыми» или имеет место «обострение» [5].

В качестве примера в графическом виде приведены результаты обработки данных наклона на рисунке ниже: показаны значения коэффициентов корреляции наклона конструкций реконструируемого здания (памятника архитектуры) в Саратовской области. Выбор пар датчиков осуществлялся на основе их расположения на смежных конструкциях, объем выборки – месяц. Таким образом, в результате проводимых изменений была получена оценка влияния строительных работ, что позволяло корректировать их регламент в целях механической безопасности объекта.

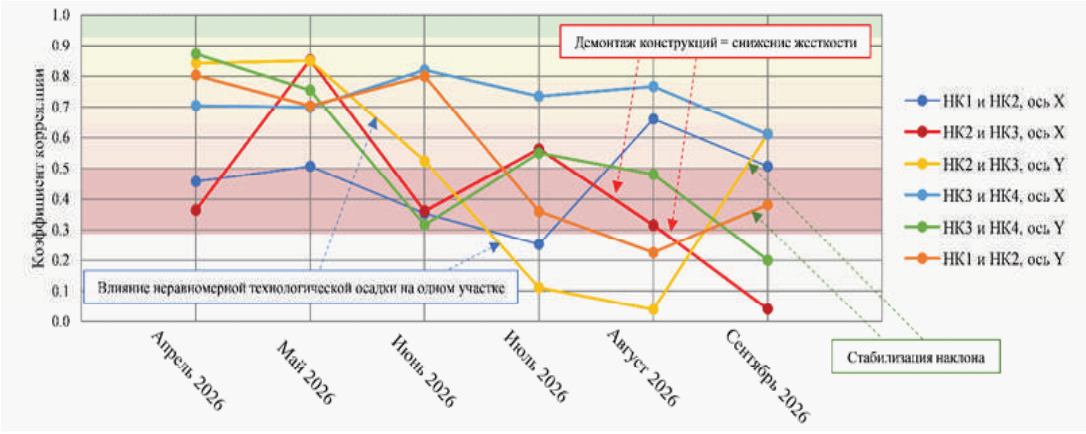


Рисунок. *Динамика коэффициентов корреляции наклона (на фоне – шкала Чеддока). Разработано автором*

Литература

1. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. М.: Минстрой России, 2016. V, 220 с.
2. СП 305.1325800.2017 Здания и сооружения: Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. М.: Минстрой России, 2017. IV, 56 с.
3. Кондратьев С.О., Бакусов П.А. Интеграция результатов геотехнического мониторинга в информационную модель здания // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2025. С. 226–233. DOI: 10.23968/BIMAC.2025.031. EDN: HSJPIN
4. Кондратьев С.О. Оценка корреляции наклона и температуры конструкций по результатам автоматизированного мониторинга // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Изд-во УрГАХУ, 2024. С. 52. EDN: CYIBBK
5. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры: монография. СПб.: ПИ «Георекonструкция», 2013. 336 с. EDN: CLBUAB

УДК 624.074.5:004.94

АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕКЦИОННЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ОБОЛОЧЕК ПОКРЫТИЯ

Коновалов Д.В., Лузенина И.Б., Мохов И.Э., Селиверстов А.С.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
mohovilka@gmail.com

В современных зданиях и сооружениях, таких как торгово-развлекательные центры и транспортные узлы, в качестве покрытия часто используют лёгкие оболочки. В будущем востребованными могут быть конструктивные решения в виде модульных, быстровозводимых систем [1]. Анализ построенных сооружений с покрытием на повторяющемся модуле от сетчатой оболочки цеха Выксунского завода В.Г. Шухова (1897) до «стеклянной коры» парка «Зарядье» (2017) показал, что геометрическая модульность реализуется на оболочках плоских или одинарной кривизны, в случае двоякой кривизны повторяемость остаётся типологической, при сохранении типа ячейки. Методы цифрового поиска формы и сокращения номенклатуры элементов сетчатых оболочек развиваются преимущественно в зарубежной практике и слабо связаны с отечественными программными комплексами (далее ПК), где практический переход от архитектурной модели к расчётной схеме слабо формализован: генеративная геометрия требует ручной подготовки [2].

Цель работы: оптимальная модель сегмента криволинейной решетчатой оболочки покрытия и, применяя доступные ПК, универсальный алгоритм цифрового моделирования, коррелирующий форму, структуру, напряжённо-деформированное состояние (далее НДС) конструкции, при известной локации и назначении объекта. Предметом исследования послужила металлическая трубчатая оболочка (30х60 м) двоякой кривизны. Оболочка используется в качестве навеса для судов яхт-клуба, расположенного на берегу Верх-Исетского пруда в Екатеринбурге. Вариативность исследуемой модели определялась: 1) одной секцией двухпоясной стержневой системы с опиранием на четыре узла и 2) спаренными однотипными секциями однопоясной системы с шестью точками опоры.

Предварительное моделирование и расчет конструкций выполнен в ПК ЛИРА-САПР. Последующие расчеты, нацеленные на оптимизацию решетчатой конструкции с увязкой формы, структуры, веса и нагрузок производились с меньшей трудоемкостью в среде параметрического моделирования Rhino+Grasshopper (рис.). Равновесная поверхность конструкции была получена с помощью физической симуляции методом динамической релаксации в Kangaroo [3], дискретизация поверхности по развертке выполнена компонентами плагина LunchBox, оптимизация структуры при ограниченной номенклатуре элементов произведена в GAGalapagos. Деформированная схема конструкции на вертикальные нагрузки оценивается МКЭ при агентной симуляции на Python, ветровое давление – симуляцией обтекания в Solid Works Flow Simulation.

Результатом работы является 1) универсальный алгоритм оптимального проектирования конструкции покрытия от формообразования до НДС, объединяющий в одной цифровой модели характеристики территории, назначения, нагрузок, материала, симуляцию формы и расчётный модуль; 2) адаптивная цифровая модель,прикладной эффект которой заключен в создании прототипов конструкции при смене исходных данных. Кроме экономической, преимущества секции однопоясной системы определились удобством мощения рельефов.

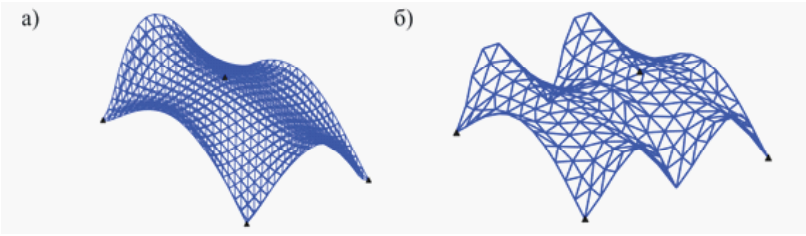


Рисунок. *Цифровые модели оболочек: а – двухпоясная; б – однопоясная. Разработаны авторами*

Литература

1. Кривошапко С.Н. К вопросу об основных архитектурных стилях, направлениях и стилевых течениях для оболочек и оболочечных структур // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18, № 3. С. 255–268.
2. Шумилов К.А., Гурьева Ю.А. Моделирование стержневых и полигональных конструкций с использованием программы Grasshopper // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 3 (65). С. 257–269.
3. Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization / ed. by S. Adriaenssens, P. Block, D. Veenendaal, C. Williams. London: Routledge, 2014. 340 p.

УДК 004.002:721.02

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НОВЫХ ТИПОВ СОСТАВНЫХ КВАЗИМНОГОГРАННИКОВ ИЗ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Коротич А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

avk-57@inbox.ru

Работа посвящена вариативному геометрическому моделированию составных квазимногогранников из однотипных модулей формы гиперболического параболоида для различных сфер архитектуры и дизайна. Информационной базой работы служат известные труды [1, 2], раскрывающие основные комбинаторные особенности геометрического конструирования выпуклых и звездчатых многогранников.

Автором предложен алгоритм получения новых типов модульных квазимногогранников. На первом этапе образуются линейчатые треугольники, составленные из одинаковых гиперболических тонкостенных отсеков и имеющие равностороннее прямолинейное очертание, либо очерченные одной прямолинейной кромкой и двумя зигзагообразными. Разновидности таких треугольников показаны на рисунке. При этом количество гиперболических отсеков в пределах треугольников не ограничивается. На втором этапе полученные линейчатые треугольники составляются в линейчатые пирамидыс правильным треугольником в основании. Третий этап заключается в соединении полученных пирамид по прямолинейным кромкам правильных треугольных оснований с получением звездчатых моделей (рис. 1а и 1в). В показанных примерах линейчатые пирамиды располагаются правильными треугольными основаниями по граням базового многогранника-икосаэдра и аппроксимируют форму большого звездчатого додекаэдра. При такой схеме моделирования в качестве базового подходит любой выпуклый многогранник, ограниченный равносторонними треугольными гранями (например, тетраэдр или октаэдр). Вместе с тем линейчатые равносторонние треугольники могут образовывать квазимногогранники без предварительной сборки в пирамиды. Так образован линейчатый икосаэдр (рис. 1б), где линейчатые треугольники непосредственно располагаются на гранях соответствующего базового многогранника.

Полученные модели перспективны в качестве развивающих конструкторов для студентов и школьников, а также малых форм средового дизайна, выставочных/рекламных модулей, а в перспективе – жестких оболочек орбитальных космических комплексов нового поколения.

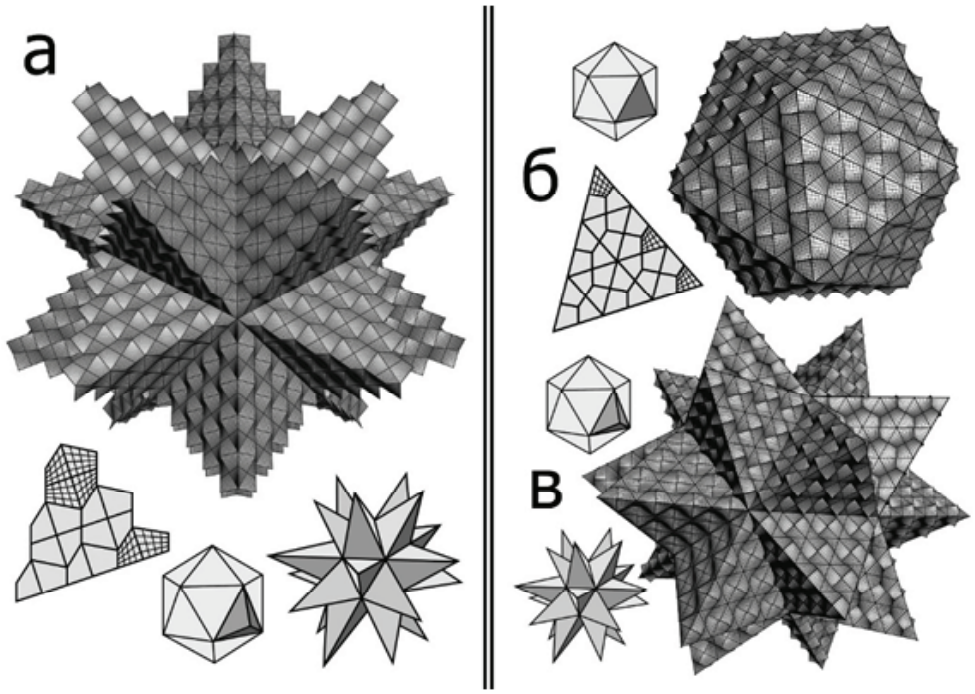


Рисунок. *Формотворческие разработки новых типов составных квазимногогранников, образованных стыковкой однотипных модулей формы гиперболического параболоида. Автор А.В. Коротич*

Литература

1. Венниджер М. Модели многогранников / под общ. ред. И.М. Яглома. М.: Мир, 1974. 236 с.
2. Галиулин Р.В. Кристаллографическая геометрия. М.: Наука, 1984. 136 с.

УДК 624.074.433

СПОСОБЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ И ИХ СОПОСТАВЛЕНИЕ С ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКИМ РЕШЕНИЕМ

Кошма О.В., Семенов А.А.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия, oleg.koshma.00@bk.ru, sw.semenov@gmail.com

Оболочечные конструкции все шире применяются в строительной сфере: резервуары, силосы, купола, атриумы, большепролетные складские и промышленные здания. Их популярность обусловлена рациональным использованием материала. Для повышения прочности и устойчивости тонкостенные оболочки подкрепляются ребрами жесткости, что усложняет моделирование: необходимо определить, как учесть совместную работу оболочки и ребер, расположенных с эксцентриситетом относительно срединной поверхности, и какой тип конечных элементов выбрать. Оценка величины расхождения линейного и нелинейного расчетов с полуаналитическими решениями, особенно при потере устойчивости, необходима для корректного решения данного типа задач [1,2]. Практической значимостью данного анализа является то, что большинство специалистов в проектных институтах и фирмах выполняют расчеты методом конечных элементов в программных комплексах «ЛИРА-САПР», «SCAD», «ЛИРА 10» и др. [3,4], в которых подкрепленную оболочку возможно моделировать несколькими способами. Поскольку от принятого способа зависят результаты расчета, необходимо оценить погрешность каждого из них в сравнении с полуаналитическим решением.

Объектом исследования выступает цилиндрическая панель с шарнирно-неподвижным закреплением по контуру. Нагрузка равномерно распределенная по нормали к поверхности. Исходные данные: толщина h = 0,08 м, длина a = 16 м, угол раскрытия b = 1 рад, радиус R2 = 16 м. Материал – сталь, E = 2,1•105 МПа, μ = 0,3. Ортогональная сетка ребер прямоугольного сечения высотой hi= 3h, шириной ri = 2h, расположена с внутренней стороны панели. При рассмотрении выбраны варианты сетки 4×4 и 8×8 (см. рисунок).

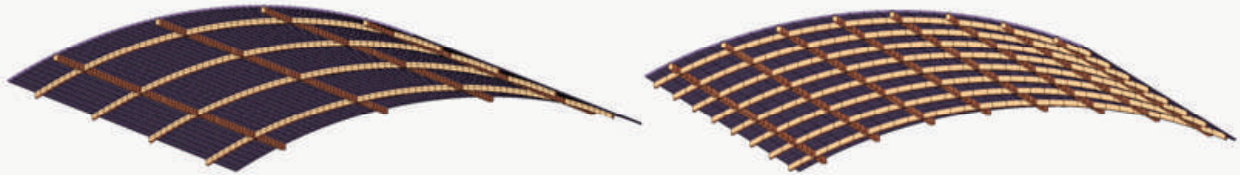


Рисунок.*Визуализация расчетных схем цилиндрических панелей, выполненных в ПК «ЛИРА-САПР2024 R2.3»*

Моделирование ребер было решено выполнять несколькими способами: конечными оболочечными элементами (КЭ 41-44 для линейных и КЭ 341-344 для геометрически нелинейных задач), стержневыми элементами (КЭ 10 и КЭ 309), с использованием связи с панелью через абсолютно жесткие тела (АЖТ), стержневыми элементами с объединением перемещений узлов. В рамках исследования определили величины перемещений и усилий в линейной постановке задачи. Анализ потери устойчивости проводился исходя из данных результатов, полученных в геометрически нелинейной задаче. Необходимый набор данных, полученный с помощью ПК «ЛИРА-САПР 2024 R2.3», сопоставляется с решениями, приведенными в статье [1]. Все рассмотренные способы моделирования используются в практических задачах. У каждого из них есть особенности: применение конечных оболочечных элементов увеличивает время расчета модели. Моделирование стержневыми элементами на первый взгляд ускоряет расчеты, однако задание абсолютно жестких тел (АЖТ) или объединение перемещений в каждой паре узлов приводит к тому, что при изменении размера сетки триангуляции приходится дополнительно вводить элементы для обеспечения корректной работы конструкции. В итоге требуется выбирать необходимый вариант, при котором достигаются удовлетворительная точность результатов и приемлемые затраты времени на моделирование и вычисления.

Литература

1. Semenov A.A. Strength of Steel Shell Cylindrical Panels Reinforced with an Orthogonal Grid of Stiffeners//Journal of Applied and Computational Mechanics. 2022. Vol. 8, No. 2. P. 723–732.
2. Karpov V.V., Semenov A.A. Refined Model of Stiffened Shells // International Journal of Solids and Structures. 2020. Vol. 199. P. 43–56.
3. Ren M., Li T., Huang Q., Wang B. Numerical Investigation into the Buckling Behavior of Advanced Grid Stiffened Composite Cylindrical Shell // Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2014. Vol. 33, No. 16. P. 1508–1519.
4. Мущанов В.Ф., Цепляев М.Н., Зубенко А.В. Варианты конечно-элементного моделирования элементов вертикальных цилиндрических резервуаров // Журнал теоретической и прикладной механики. 2020 №2(70) С. 37-48.

УДК 72:004.8:378

ПРЕДМЕТНЫЕ ЗНАНИЯ КАК СРЕДСТВО ВЕРИФИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕНЕРАТИВНОГО ИИ В АРХИТЕКТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Кривелева Э.Ш.

Научный руководитель: д-р тех. наук, проф. Максимова С.В.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

elya.kriveleva@mail.ru

Работа на семинаре «Архитектура и ИИ» обнаружила противоречие, важное для архитектурной подготовки. Модель быстро выдавала связное описание или выразительное изображение, но использовать такой материал в проекте без проверки было нельзя. Предложения расходились с планировочной схемой, историческими сведениями и нормативными ограничениями. Поэтому внимание было перенесено с качества генерации на действия студента после получения ответа. В рекомендациях UNESCO критическая оценка материалов ИИ рассматривается как условие сохранения самостоятельности обучающегося [1]. И.С. Иванченко отмечает значение системного мышления для цифровой трансформации высшей школы [2]. Неоднозначное влияние генеративных средств на проектную работу показано и в исследовании обучения 3D-моделированию [3]. Эти положения были сопоставлены с наблюдениями, полученными на семинаре.

Цель исследования – определить, какие предметные знания необходимы студенту для оценки результата генерации. Материалом стал авторский семинар «Архитектор в контуре ИИ». В начале работы студенты получили теоретическую основу: принципы работы нейросети, их возможности и преимущества, инструменты для решения разных задач, а также составление технически грамотных и промтов и т.п. Студенты работали по индивидуальным заданиям, которые связаны с тематикой их выпускных квалификационных работ. Данная постановка заданий связана с тем, что студент уже обладает определенным объемом исходных данных, чертежами, исследовательской базой.

В ходе работы отмечались формулировка ограничений и критериев, составление аналитического промпта, анализ полученных вариантов, какие решения вызвали сомнения или содержали ошибочную интерпретацию. Повторные запросы рассматривались как продолжение генерации, доработка или исправление ранее полученных результатов. На этом этапе студенты подключали знания нормативно-технической базе, анализ исходных данных, понимание выполнение определенных расчетов.

В случае формирования градостроительного сценария и проекте реконструкции комплекса возникли значительные ограничения повторного запроса. При наличии числовых ограничений ИИ представил итоговую генерацию без подтвержденных расчетных показателей плотности и баланса территории, обоснования размещения парковочных мест. В проекте над реконструкцией здания модель работала и детальным описание восстановления конкретных элементов, но входе повторных или уточняющих запросов достичь истинных геометрических параметров не удалось. На изображении появился ещё один этаж и изменилась кровля, эти явные искажения выявлены при сравнении генерации с планами и историческими материалами, а не после очередной корректировки формулировки.

Работа с кинетическим фасадом выстраивалась несколько иначе. Результат генерации проверялся в геометрической модели, что повлекло за собой изменение первоначального проектного решения. Были обнаружены столкновения подвижных элементов на углу здания, перекрытие проёмов и колонны в пространстве лекционного зала. В работе над этнокультурным центром студентка не приняла предложенные моделью проценты самоокупаемости, так как за числами не было расчётной методики. И в том и другом случае, причиной для отказа использования полученных результатов стало профессиональное действие, осуществленное за пределами языковой модели.

Интересен был вывод по работе с оценкой единого ответа, который возлагали на другую языковую модель. Она перечислила возможные нормативные риски для общественных пространств жилого комплекса. Однако в отчёте не были приведены пункты нормативов и расчёты, подтверждающие эти замечания. Поэтому такой ответ использовался только как список вопросов для последующей проверки. Ответ не равнозначен заключению специалиста и не подтверждает соответствие проектного решения нормативно-техническим требованиям.

По итогам работы со студентами и анализу предоставленных отчетных материалов, можно сделать вывод, что результат генерации следует оценивать вместе с доказательством его проверки. Длинный запрос или дополнительный ответ другой модели такого доказательства не дают. Оно появляется, когда студент обращается к чертежу, расчёту, нормативу или архивному материалу и объясняет принятое решение. Вывод относится к материалам проведенного семинара и не распространяется на все виды архитектурных заданий.

Литература

1. Miao F., Holmes W. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. 44 p. DOI: 10.54675/EWZM9535.
2. Иванченко И. С. Оценка перспектив применения искусственного интеллекта в системе высшего образования // Science for Education Today. 2023. Т. 13, № 4. С. 170–194. DOI: 10.15293/2658-6762.2304.08.
3. Shyu W. E., Tasir Z. Generative AI in Project-Based 3D Modeling: Effects on Creativity, Critical Thinking, and Workflow // Online Learning. 2026. Vol. 30, no. 1. P. 531–555. DOI: 10.24059/olj.v30i1.4769

УДК 532.546

ЦИФРОВАЯ ТОМОГРАФИЯ В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОРИСТЫХ СРЕД

Кузьмина Л. И.[1],Осипов Ю. В.[2], Жуков Н. Н.[2]

[1] Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия

[2]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,Москва, Россия

lkuzmina@hse.ru, yuri-osipov@mail.ru, zhukcov@mail.ru

Расчет подземных конструкций, плотин и мероприятий по укреплению рыхлых оснований требует анализа фильтрации коллоидов и суспензий [1]. Для построения математической модели переноса и осаждения микроскопических частиц в пористой среде необходима аналитическая формула, задающая функцию фильтрации – коэффициент, связывающий скорость оседания частиц с их концентрацией в суспензии [2]. Функция фильтрации зависит от множества факторов, которые невозможно проанализировать и рассчитать теоретически. Более того, ее невозможно определить непосредственно из натурных или лабораторных экспериментов. Функцию фильтрации вычисляют, решая обратную задачу фильтрации – находят функцию фильтрации по известному решению модели, которое определяется экспериментально [3].

Одномерная модель фильтрации в безразмерной форме описывает вытеснение суспензией чистой воды из пористого образца длины 1. Модель с неизвестными концентрациями взвеси *C(x,t)*и осадка *S(x,t)* задана уравнениями [4]:

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial C}{\partial x}+\frac{\partial S}{\partial t}=0,\frac{\partial S}{\partial t}=\Lambda(S)C,x=0:C=1,t=0:C=0,S=0.$$

Здесь *Λ(S)* – функция фильтрации.

Модель сводится к системе [5]

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{\partial S}{\partial x}+S\Lambda(S)=0,C=\frac{S(x,t)}{S_0(t-x)},$$

где S_0 – концентрация осадка на входе пористой среды.

Современные промышленные томографы позволяют определить распределение взвешенных и осажденных частиц в пористом образце в любой момент времени и получить двумерный массив значений суммарной концентрации частиц $Q_{i,j}= Q_x(x_i,t_j)$. Для повышения точности рентгеновских снимков частицы суспензии обрабатываются радионуклидами. Учет конечной скорости движения каретки томографа уменьшает погрешности измерений. Используя свойства модели, можно выразить концентрацию осадка $S_{(x,t)}$ через $Q_{(x,t)}$и найти значения функции фильтрации в узлах сетки: $\Lambda_{i,j}= \Lambda(S_{i,j})$. Аналитическое выражение для функции фильтрации определяется методом наименьших квадратов [6].

Для апробации томографического метода решения обратной задачи использовалась часто встречающаяся в приложениях линейная функция фильтрации – коэффициент Лангмюра *Λ(S)=1–S*, для которой известно точное решение прямой задачи фильтрации [7]. Точное решение позволяет вычислить массив осадка $S_{(i,j)}$, не проводя эксперименты с пористыми образцами, и определить погрешность численного метода нахождения функции фильтрации. Рассчитанная функция фильтрации для линейной зависимости равна *L(S)*=1,00451-1,00373S, т.е. погрешность нахождения коэффициентов функции фильтрации менее 0,5%.

Литература

1. Xu S., Cao H., Zhu Y., SunH., Lu J., Shi J. Mechanism of Filtration Behaviors of Cement-Based Groutin Saturated Sandunder Different Grouting Conditions. Geofluids. 2022. 2332743.
2. Altoe J. E., Bedrikovetsky, P., Siqueira, A. G., de Souza, A. L. S., Shecaira, F. S. Correction of Basic Equations for Deep Bed Filtration with Dispersion. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2006. Vol. 51. P. 68–84.
3. Kholiyarov É., Khuzhaerov B. Inverse Problems of Elastoplastic Filtration of Liquid in a Porous Medium. Journal of Engineering Physics&Thermophysics. 2007. Vol. 80, No. 3. P. 517–525.
4. Herzig J. P., Leclerc D. M., LeGoff P. Flow of Suspensions Through Porous Media — Application to Deep Filtration. Journal of Industrial&Engineering Chemistry. 1970. Vol. 62, No. 5. P. 8–35.
5. Vyazmina E. A., Bedrikovetskii, P. G., Polyanin, A. D. New Classes of Exact Solutions to Nonlinear Sets of Equations in the Theory of Filtration and Convective Mass Transfer. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2007. Vol. 41, No. 5. P. 556–564.
6. Miller S. J. The Method of Least Squares: The Theory and Applications of Linear Regression, from the Orbits of Planets to Regionalizing School Districts. Scatterplot. 2025. Vol. 2, No. 1. 2470533.
7. Kuzmina L. I., Osipov Yu. V. Determining the Langmuir Coefficient of th Filtration Problem. Internationa lJournal or Computational Civil and Structural Engineering. 2020. Vol. 16, No. 4. P. 48–54.

УДК 004.92

ТИМ В СТРУКТУРЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ВУЗА

Кузнецова О.Г.
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Саратов, Россия
kuznetsovaog@sstu.ru

Изучаемые студентами архитектурно-строительной сферы учебные дисциплины неразрывно связаны с комплексом ТИМ. Например, базовой задачей преподавания «Компьютерной графики в архитектурном проектировании» является развитие навыков использования полнофункциональных САПР, предоставляющих возможности архитектурного проектирования и моделирования. Система освоения технологии информационного моделирования комплексно использует в качестве главного принципа метод программированного обучения [2]. Образовательный метод основывается на дозированном разбиении материала на логически завершенные учебные этапы с системой контроля. Целевой установкой направленности для всех обучающихся является создание цифровой информационной модели (ЦИМ) различной по сложности и содержанию. Главной задачей при изучении программного комплекса Renga является использование технологии информационного моделирования в рамках регламента технического задания.

Выстроенная концепция методических указаний для обучающихся состоит из связанных информационных модулей, в которых находят решение предметно-поставленные вопросы (см. рисунок). Система изучения ТИМ реализуется в такой последовательности – «Моделирование», «Конструирование» и «Концептуальное проектирование». «Информационный» и «Демонстрационный» этап рассматриваются в параллели со всеми задачами. Отдельный модуль – «Элемент каталога» ставит задачу изучения принципов работы с каталогами и библиотеками объектов, при изучении программы – является задачей «со звездочкой».

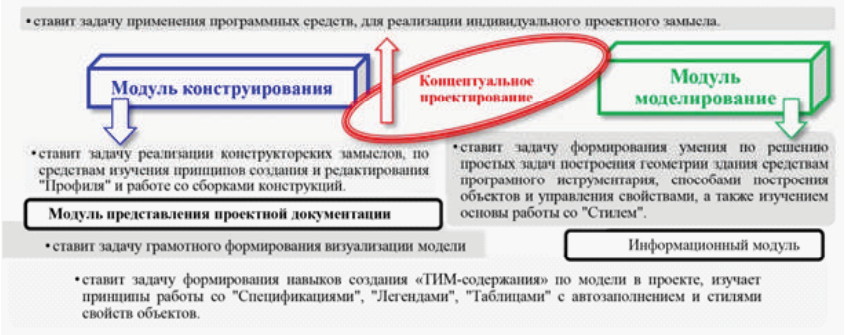


Рисунок. *Схема построения учебно-методического процесса изучения Renga. Разработано автором*

Следует отметить, что обучение ТИМ строится на логике изучаемой программы. Основа софта Renga–«интуитивно-понятный интерфейс». Набор инструментов связан с главной настройкой для «Стиля объекта», сами объекты определяются прописанными для них свойствами. «Простота» программы – это внешняя характеристика для создания базы по объектам, а профессиональное использование BIM-инструмента связано с осмысленным пониманием алгоритмов. Система Renga построена из информационных классов, ориентированных на выполнение главной задачи – создания ЦИМ, прежде всего визуальных – информационно-графических, обладающих рядом атрибутов, корректируемых и создаваемых в процессе работы. Основа всему «Стили», через них происходит наполнение модели контекстом информации для экземпляра класса [3]. Следовательно, эффективное освоение программы связано с владением инструментом управления стилем, свойствами для объекта и «Профилем», что неделимо связано с рекомендуемой структурой обучения. Где база учебной модели – это изучение принципов работы с типовой геометрией; средний уровень – умений работы с конструктивными элементами; вершина – самостоятельное концептуальное моделирование, а общие задачи – информационное наполнение и визуальное представление ЦИМ.

Литература

1. Сакмарова Л. А., Солин С. В., Белова Е. А. Обучение технологиям информационного моделирования (ТИМ) на примере ДПО строительного факультета ЧУВГУ // Строительство и застройка: жизненный цикл - 2024: матер. VII Междунар. (XIII Всерос.) конф. В 2-х т., Чебоксары, 20–21 ноября 2024 г. Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2024. С. 261-267.
2. Суханова И. И., Семенов А. А., Нижегородцев Д. В. Обучение BIM (ТИМ), начиная со школы: проект «ТИМ-классы» // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. С. 276-282. DOI 10.23968/BIMAC.2024.037.
3. Бочкарева Э.И. Программированное обучение // Научные высказывания. 2025. №7 (75). С. 15-17.
4. Отечественная BIM-система Renga: обзор и впечатления // Рабочий журнал технократа. 11.02.2023 URL: https://dzen.ru/a/Y-dSmiwuiXaKMot1

УДК 004.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕКРЕСТКА С УЧЕТОМ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Куртыгин В.С.

Научный руководитель: д-р тех. наук, проф. Наместников А.М.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

kurtygin.v@mail.ru

Транспортные заторы снижают пропускную способность, увеличивают время в пути, расход топлива и выбросы. Пешеходы часто оказываются в менее выгодном положении по времени ожидания, по сравнению с автомобилями, что приводит к повышению риска нарушения ПДД и возникновению аварийных ситуаций. Классические методы [1] ориентированы преимущественно на автомобили, рассматривая пешеходов лишь как второстепенный фактор. Более адаптивные подходы на основе машинного обучения (ML) требуют наличие качественных входных данных и тонкой настройки для эффективного результата. Перспективным направлением является глубокое обучение с подкреплением (DRL). Первые решения на основе DRL [2] показали свою эффективность по снижению задержек автомобилей, при этом, не рассматривая пешеходов вообще. Более поздние системы [3] начали учитывать пешеходные потоки, однако по сути своей решали частные случаи регулирования. Данная работа посвящена адаптивному управлению автомобильными и пешеходными потоками на изолированном перекрестке.

Целью работы является создание адаптивной системы управления светофором на изолированном перекрестке, позволяющей регулировать пешеходные и автомобильные потоки одновременно. Задачи работы: являются: построить имитационную модель перекрестка; создать агента на основе DDQN; организовать взаимодействие агента и среды; провести вычислительные эксперименты и проанализировать результаты.

Модель перекрёстка создана в AnyLogic с использованием библиотеки дорожного движения и пешеходной библиотеки. Взаимодействие среды и агента осуществлено при помощи библиотеки Pypeline. Светофорный цикл включает 4 фазы: красную, зелёную и две желтые. В конце цикла агент получает 15 параметров: число автомобилей перед светофорами, среднюю скорость автомобилей, среднее время ожидания пешеходов, длительности красной и зелёной фаз, число пешеходов, находящихся на проезжей части. Набор действий агента: увеличить или уменьшить зелёную или красную фазу на 10 секунд, а также сохранить текущие значения. Архитектура нейронной сети состоит из трех скрытых полносвязных слоёв, нормализации слоев, прореживания и функции активации ReLU. Взвешенная функция награды включает в себя критерии, учитывающие пешеходные и автомобильные потоки. Функция направлена на снижение числа машин, ожидающих начала движения, повышение их средней скорости, а также на баланс направлений. Для пешеходов производится снижение количества людей, находящихся на проезжей части во время запрещающего сигнала светофора, а также времени ожидания начала движения.

Обучение агента производилось в AnyLogicc применением эксперимента Монте-Карло. В ходе анализа результатов обучения было выявлено, что после середины периода обучения агент в 9 из 10 эпизодов получал положительную награду. Функция потерь снижалась и по итогу вышла на плато, что указывает на сходимость. Средние длительности фаз зафиксировались в районе 40 секунд. По сравнению с необученным агентом и жёстким регулированием на основе метода Вебстера, обученный агент уменьшил количество автомобилей перед перекрёстком, повысил среднюю скорость движения на всех направлениях, а также снизил время ожидания пешеходов. Было выявлено, что модель перекрестка постоянно стремилась к образованию транспортного коллапса, однако обученный агент справляется с его недопущением, в отличие от необученного агента и жёсткого регулирования. Количество пешеходов-нарушителей у обученного агента не увеличилось.

Предложенный в работе подход на основе DDQN позволяет адаптивно регулировать автомобильные и пешеходные потоки на изолированном перекрестке, снижая время ожидания и риск возникновения заторов.

В перспективе – усложнение среды и поведения обоих типов потоков, переход к многоагентному управлению сетью перекрестков.

Литература

1. Стрижко М. А., Червинский В. В. Система интеллектуального управления транспортными потоками на перекрестках со светофорным регулированием // Вестник ВГТУ. 2024. № 2. С. 48–55.
2. IntelliLight: A Reinforcement Learning Approach for Intelligent Traffic Light Control / H. Wei, G. Zheng, H. Yao, Z. Li // Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. 2018. pp. 2496–2505. DOI: 10.1145/3219819.3220096.
3. Two-Step Deep Reinforcement Learning for Traffic Signal Control to Improve Pedestrian Safety Using Connected Vehicle Data / A.D. Ren, G.Q. Zhang, F.R. Chang, D.H. Huang // Accident Analysis & Prevention. 2025. vol. 222. 108161.

УДК 625.8

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ГРУНТОБЕТОНА ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНЫХ ОТХОДОВ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ

Мазгалева А.В., Ахматова Н.П., Бобыльская В.А., Кофеева В.Н., Приданова О.В.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
a.v.mazgaleva@nsawt.ru, n.p.ahmatova@nsawt.ru, v.a.bobylskaya@nsawt.ru, v.n.kofeeva@nsawt.ru., o.v.pridanova@nsawt.ru

Ресурсосбережение при строительстве оснований дорожных одежд является одной из задач, стоящих перед дорожно-строительными организациями. Применение отходов промышленности в составах грунтобетонных смесей дает не только снижение себестоимости при строительстве, но и попутно частично решает проблему утилизации золошлаковых отходов, так как в Новосибирской области отопление городов происходит в основном твердым видом топлива – углем, добываемым в Кемеровской области.

Разработка составов грунтобетонных смесей для нужд дорожного строительства в Новосибирской области отягощается отрицательными особенностями свойств засоленных и солонцеватых грунтов, распространённых в равнинной части Западно-Сибирской низменности. Укрепление таких грунтов требует тщательного лабораторного анализа, подбора состава с предварительными исследованиями качества и долговечности материалов из грунта, а также соблюдения технологической дисциплины [1].

Основными документами, в которых обозначены требования к грунтам, укрепленным минеральными вяжущими, являются ГОСТ 23558-94и СП 34.13330.2021. В перечень обязательных показателей входят следующие физико-механические свойства укрепленных грунтов: расчетные значения модулей упругости, пределы прочности при сжатии и растяжении образцов в водонасыщенном состоянии и коэффициент морозостойкости.

При выборе состава грунтобетонной смеси определялись дозировки следующих компонентов [1, 2]:

- портландцемента в качестве основного неорганического вяжущего;
- золошлаковой смеси в качестве структурообразующей добавки;
- хризотилцементных отходов в качестве микроармирующей добавки;
- активной гидрофобизирующей добавки (с уточнением её состава), обеспечивающей морозостойкость и водостойкость дорожной одежды.

Этапы работы над составом грунтобетона включали [3]:

- отбор проб компонентов смеси, в том числе проб грунта с места предполагаемого строительства, с определением физико-механических свойств и соответствия их нормативно-техническим документам;
- изготовление опытных образцов для определения расходов компонентов состава;
- определение физико-механических свойств полученного грунтобетона (28 и 90 суток);
- проверка соответствия полученных результатов требованиям СП 34.13330.2021.

Внедрение результатов исследований проведено на участке автомобильной дороги Асинкритово – Раисино Убинского района НСО. Размеры опытного участка дорожного полотна: длина 100 м, ширина 7 м, толщина 0,2 м, объем грунтобетонной смеси 140 м3. Результаты экспертного обследования опытного участка: средняя прочность грунтобетонного основания на сжатие – в пределах 5,7–8,4 МПа, прочность на растяжение при изгибе – не менее 2,0 МПа (соответствует нормативно-техническим требованиям для дорог 2 класса [4, 5], нарушений целостности и ухудшения качества грунтового основания на опытном участке не выявлены.

Литература

1. Ребиндер П.А. Физико-химические основы современных методов закрепления грунтов // Пленарные доклады и решения VI Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1970. С. 3-9.
2. Пичугин А.П., Гришина В.А., Хританков В.Ф. Использование комплексных добавок для укрепления грунтов в сельском дорожном строительстве // Строительные материалы. 2008. № 10. С. 36-38.
3. Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Батина Н.А., Шаталов А. А. Влияния технологических параметров на свойства укрепленного грунта // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: матер. II Всерос. (нац.) науч. конф./ под общ. ред. Н.В. Гаврилец. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2017. С. 465-469.
4. Бобыльская В.А., Мазгалева А.В., Лещенко С.И. Подбор составов золошлакоцементной смеси при проектировании грунтобетонов // Эксперт: теория и практика. 2023. № 4(23). С. 41-46.
5. Мазгалева А.В., Бобыльская В.А., Лещенко С.И. Грунтобетоны и укреплённые грунты для строительства сельских дорог и сооружений сельскохозяйственных объектов // Теория и практика современной аграрной науки: матер. V нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. Новосибирск: «Золотой колос», 2022. С. 580-584.

УДК 721.01

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОХРАНЕНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ НАРОДНОГО АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ВЕТВЕЙ ВЕЛИКОГО ШЁЛКОВОГО ПУТИ

Максатова А.М.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия
a.maksatova@sibstrin.ru

Народная архитектура регионов, связанных с северными ветвями Великого шёлкового пути, сохранилась фрагментарно. Часть объектов утрачена, часть перестроена до неузнаваемости, а носителей традиций резьбы и росписи почти не осталось. При этом именно эти территории на протяжении столетий были зоной активного обмена архитектурными традициями – волжско-булгарскими, золотоордынскими, древнетюркскими, славянскими, финно-угорскими и монгольскими. Работа с таким материалом требует не только натурных обследований, но и цифровых методов, позволяющих собрать разрозненные сведения воедино. В последние годы для этого всё чаще применяются методы машинного обучения, позволяющие обрабатывать большие массивы данных и выявлять скрытые закономерности [1]. Реставрация не всегда дает возможность восстановить утраченный декор или воссоздать облик исторической среды. Архивные материалы по городам, возникшим вдоль караванных путей, разрознены, натурные данные неполны, а их сопоставление требует больших затрат времени. Разрыв между накопленными данными и их практическим применением остается значительным [2].

Цель – определить, где и как методы искусственного интеллекта могут быть полезны при реконструкции и сохранении народного архитектурного наследия.

Задачи:

1. Рассмотреть существующие подходы к применению искусственного интеллекта в работе с архитектурным наследием торговых маршрутов.
2. Оценить возможности нейросетевых моделей для распознавания и классификации орнамента, распространённого вдоль северных ветвей Великого шёлкового пути.
3. Проанализировать опыт цифровой реконструкции исторической застройки городов, возникших на караванных путях.
4. Предложить принципы использования искусственного интеллекта в методике сохранения наследия указанных регионов.

Интеграция технологий искусственного интеллекта в методику сохранения архитектурного наследия

Искусственный интеллект имеет смысл рассматривать не как отдельный инструмент, а как элемент единой методики. Она может включать следующие этапы: *фиксация объектов* – 3D-сканирование, фотограмметрия, натурные обмеры; *обработка данных* с помощью искусственного интеллекта – распознавание, классификация, восстановление утраченных элементов; *создание цифровых моделей* и параметрических библиотек орнаментов; *разработка виртуальных реконструкций* и интерактивных карт [3]; *использование полученных материалов* в проектировании, образовании и туризме; *мониторинг* состояния объектов и обновление цифровых данных. Такая последовательность позволяет работать с наследием непрерывно, а не эпизодически.

В результате проведённого исследования получены следующие выводы:

1. Наиболее востребованными направлениями применения ИИ в работе с архитектурным наследием торговых маршрутов являются распознавание орнамента, восстановление утраченных элементов, оценка состояния конструкций и формирование цифровых библиотек.
2. Современные нейросетевые архитектуры позволяют автоматически выделять стилистические группы орнаментальных мотивов и прослеживать их генезис от волжско-булгарских, золотоордынских и древнетюркских до монгольских и местных адаптаций.
3. Виртуальные модели, 3D-реконструкции и BIM-документирование доказали эффективность для воссоздания утраченной среды и могут быть адаптированы для исследуемых регионов.
4. Интеграция ИИ в методику сохранения наследия обеспечивает последовательную фиксацию объектов, обработку данных, создание параметрических библиотек орнаментов, разработку виртуальных реконструкций и интерактивных карт, внедрение результатов в проектирование, образование и туризм, непрерывный мониторинг.

Литература

1. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 4 (65). С. 311–324.
2. Михайловская Л.А., Гулиева Д.В., Бардина Г.А. Эффективность обучаемого искусственного интеллекта при создании архитектурно-художественных решений // Вестник гражданских инженеров. 2025. № 3 (22). С. 15–28.
3. Аманаков А.Х., Мурадова А.О., Сейдов А.И. Роль искусственного интеллекта в архитектурном проектировании: современные тенденции и перспективы //Вестник науки. 2024. Т. 2. №. 4 (73). С. 616-619.

УДК 711.4:624.131

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ ДЛЯ ИХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Маликова Е.А.[1], Слепнев П.А.[1]

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Слепнев П.А.

[1]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

malickowa.elena2013@yandex.ru, slepnevPA@mgsu.ru

Техногенные отвалы являются частью промышленных зон урбанизированных территорий. Их повторное использование после прекращения деятельности является не только экологической, но и градостроительной проблемой. Проведя анализ научных источников [1-4] по рекультивации нарушенных земель, реновации промышленных зон, управлению проектами устойчивого развития территории и принципам зеленого строительства, авторами была поставлена задача по изучению структурной организации территории техногенного отвала как элемента территориально-пространственной системы. Целью исследования является разработка статической модели, описывающей такую организацию.

Разработанная модель имеет 3 иерархических уровня. На макро уровне изучается градостроительная система поселения. На мезоуровнерассматривается пространственная подсистема, объединяющая производственные, коммунально-складские, специальные функциональные зоны. На микроуровне находится сам объект исследования-территория техногенного отвала, представленный насыпными или намывными образованиями, который входит в рассматриваемую подсистему в качестве элемента. В зависимости от территориального положения были выделены внутриселитебные, периферийные и внеселитебные территории отвалов. Для внутриселитебных территорий характерна необходимость постоянного мониторинга за состоянием отвала. Периферийные территории функционально связаны с промышленно-коммунальными зонами и транспортной инфраструктурой. Внеселитебные территории обладают наибольшим комплексным потенциалом использования после проведения рекультивационных мероприятий.

Жизненный цикл территории техногенного отвала включает следующие этапы: 0 – предпроектный, 1 – депонирование, 2 – стабилизация, 3 – рекультивация или консервация, 4 – мониторинг и реинтеграция. Данная временная шкала позволяет производить учет изменений состояний отвала и выбирать дальнейшие сценарии управления.

Ключевыми характеристиками являются: функциональное и градостроительное зонирование; вид разрешенного использования; мероприятия, реализуемые на территории; градостроительные процессы, а также требования к территории. Такой подход позволяет упорядочить правовые, технологические и экологические аспекты. К территории техногенного отвала также предъявляются требования: физико-технические, экологические, гидрогеологические, технические, градостроительные, экономические и социальные. Их соблюдение необходимо для сохранения устойчивости откосов, защиты подземных вод, снижения пыления, фильтрации, а также для соблюдения нормативных требований к деятельности на территории. Параметры территории следует разделить на основные и дополнительные. К основным относятся расстояние до опорного зеленого каркаса, водных объектов, жилой застройки, УДС, тип грунта, класс опасности отходов, угол откосов, возраст отвала, несущая способность, уклон, высота, площадь, кадастровая стоимость. К дополнительным относятся параметры эндогенных процессов, коэффициент фильтрации, уровень грунтовых вод. Значения параметров изменяются на протяжении жизненного цикла территории отвала. Предложенная модель может стать основой для перехода к динамической модели, оценки потенциала и выбора сценарий устойчивого развития таких территории.

Литература

1. Насыров А.Н., Кулагин А.Ю. Проблемы рекультивации нарушенных земель: способы рекультивации шламоотстойников на производственных объектах // Организация территории: матер. XVII Всерос. науч.-практ. конф. Уфа: БГПУ им. М. Акмуллы, 2020. С. 112–116.
2. Ведьманова О.О., Калашник В.С. Реновация промышленных зон: второй шанс для заброшенных территорий // Современные проблемы управления проектами: матер. XV Междунар. науч.-практ. конф. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2025. С. 175–179.
3. Таранова И.В., Люкшинов А.Н., Попов В.А., Ведьманова О.О. Управление проектами устойчивого развития территорий с учетом ресурсного потенциала // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9, № 5. С. 555–564.
4. Лесниченко В.А., Цыпкин Ю.А., Близнюкова Т.В. Повышение комфортности проживания на основе принципов зеленого строительства // Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью: сб. ст. V Нац. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2023. С. 307–313.

УДК 378.147:004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТВОРЧЕСКОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Миронова Н.С.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
mironovanat1982@yandex.ru

Цифровизация дополнительного профессионального образования (ДПО) обсуждается преимущественно в направлении доступности, гибкости и охвата. Для творческих направлений это не всегда обосновано. Обучение живописи, лепке, декоративно-прикладному искусству практикуется на передаче навыков от мастера к ученику на основе живого контакта: педагог ведет руку, задает нажим, указывает на оттенок. Дистанционный формат эту функцию воспроизводит частично, что отмечается в практике творческих вузов [1, 2]. Цель работы – определить, по какому признаку практико-ориентированное содержание творческой программы поддается переносу в цифровую среду, а по какому не поддается.

Предлагается разделять два типа учебного содержания. В первом случае – цифровой канал нейтрален: лекция о истории стилей, терминология, последовательность хронологических событий передаются без потери смысла. Во втором – канал сам становится не просто носителем информации, а практико-ориентированной базой. Цвет, фактура, пропорция, масштаб – это не иллюстрация к содержанию, это и есть содержание. Искажение материала означает искажение предмета обучения и профориентационных компетенций. Например, практики подтверждают, что цветовые охваты пользовательских дисплеев расходятся между собой и со стандартом sRGB, а доля верных цветовых совпадений без коррекции оказывается крайне низкой [3]. Обучающийся, работающий на некалиброванном мониторе, осваивает не оттенок, а его искаженную версию. Воспроизводимость цифровой версии аналога учебного образца при этом не обеспечена.

Исходя из этого, важен критерий возможности переносимости информации в цифровую среду. Без искажений и исключения недостоверности можноцифровывать только то содержание, которое не меняется при передаче. Теоретическая часть, разбор аналогов, работа с источниками, освоение программных средств полностью оцифровываются. Постановка руки, работа с материалом, оценка натурного цвета требуют очной формы либо аппаратного контроля среды – калибровки, нормирования условий просмотра, передачи эталонных образцов в материале.

Немаловажную роль играет и уровень подготовки профессорско-преподавательского состава в сфере переноса практического материала в его цифровую версию. Преподаватели творческих дисциплин приходят из практики, и уровень их цифровой подготовки неоднороден. Без системного повышения квалификации, наработки опыта работы с цифровыми инструментами и постоянного технической поддержки успеха не достичь. Существующий опыт разработки программы «Цифровые инструменты преподавателя в области архитектуры, градостроительства, дизайна и изобразительных искусств» и освоения интерактивной студии Jalinga показывает, что результат дает именно сопровождение и практика, а не разовый курс.

Цифровизация творческого ДПО не является ни благом, ни угрозой сама по себе. На сегодняшний день – это реалии существования. Цифровизация требует разграничения переносимого и непереносимого содержания, выполненного до разработки программы, а не после. Гуманистическая рамка цифровой педагогики предполагает, что цифровые технологии не должны подменять человеческих ценностей, а акцентировать внимание на личности обучающегося, его интересах и развитии [5]. Дальнейшая работа предполагает учитывать особенности учебных программ дисциплин. А также предусмотреть разработку требований к условиям преподавания для дисциплин, связанных с цветом и фактурой, с передачей творческого мастерства от мастера к ученику.

Литература

1. Мусиенко Е.И. Практика очного и дистанционного обучения студентов архитектурного вуза // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф./ науч. ред. Г.Б. Захарова. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 66.
2. Кондакова Ю.В. Педагогическая коммуникация в цифровой среде творческого вуза // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. / науч. ред. Г.Б. Захарова. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 61.
3. Larrosa A., Kirchner E., Perales E., Vázquez C., Njo L., Espinosa J. A generic model to improve color reproduction accuracy of mobile displays: a case study on Apple devices // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. №12. Art. 6915.
4. De Rooij A., Biskjaer M.M. Generative AI makes creative output more homogeneous // Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE 2026). Siena, 2026. P. 198–201.
5. Киселева А.В. Цифровая гуманистическая педагогика // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф./ науч. ред. Г.Б. Захарова. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 59.

УДК 721.001

ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ МЕЖКВАРТИРНЫХ ПЕРЕГОРОДОК

Михайленко К.А., Заболотских С.А., Юдин К.А., Колмаков А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

kristinamihaqlenko5@gmail.com,elidada9119@gmail.com, kyudin022@gmail.com, a.v.kolmakov@urfu.ru

По результатам опроса представителей фирм, занимающихся проектированием зданий, участвовавших и посещавших «Форум 100+» в Екатеринбурге в 2025 г., выяснилось, что часть проектных организаций Екатеринбурга стали более пристально обращать внимание на вопросы распространения шума по зданию. Несмотря на принимаемые архитекторами корректные проектные решения, имеются жалобы жильцов на шум. Стоит отметить, что шум, воздействующий на жильцов – это совокупное энергетическое влияние от нескольких разных источников [1]. Поэтому для успешной борьбы с шумом введено деление шума по расположению относительно защищаемого помещения (внешний и внутренний) и виду его распространения по зданию (воздушный, ударный и структурный).

По результатам мониторинга статей и докладов, представленных на конференциях российского акустического общества (РАО) и НИИСФ за 2026 г. выявлен список программных продуктов (ПП), используемых для компьютерного моделирования различных акустических параметров: 1. «Actran»; 2. «VA One»; 3. «COMSOL Multiphysics»; 4. «ANSYS Fluent»; 5. «Nastran»; 6. «АРМ «Акустика»»; 7. «Эколог-Шум»; 8. On-line калькуляторы как у компании «ТЕХНОНИКОЛЬ»; 9. Свободно распространяемый калькулятор «HWK PH-ACOUSTIC 1.55».

Чтобы оценить эффективность выявленных ПП, в качестве примера в «SketchUp 2017» была выполнена детальная модель межквартирной перегородки из крупноформатных керамических блоков «Porotherm» толщиной 250 мм (материалы доступны по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/JkuuDgzqdy9CuA) и сформировано техническое задание (ТЗ) на расчет с вариативным использованием материалов швов кладки. Основной задачей расчета являлось определение индекса изоляции воздушного шума (Rw) в специализированных ПП. ТЗ было направлено ряду специалистов для оценки специализированных ПП и определения стоимости выполнения работ.

По результатам присланных ответов выявленные ПП можно разделить на два основных вида: 1. Доступные (п.п. 6-9), основанные на методике СП 275.1325800 (СП 275). 2. Весьма дорогостоящие (п.п. 1-5) – импортные ПП, использующие поэлементный метод (расчет оценивался от 1 млн рублей). Относительно методик расчета, изложенных в СП 275, в среде инженеров-акустиков есть противники (плохая сходимость с результатами измерений) и сторонники (лучшая сходимость результатов). По мнению сторонников, существующие методики расчета не отличаются точностью, но все же обеспечивают достаточный результат для прогнозирования. По мнению противников, оба вида имеют низкую сходимость по сравнению с результатами, полученными в ходе натурных измерений. Значит, существующие на данное время расчетные методы звукоизоляции ограждающих конструкций являются ориентировочными. Точное значение Rw дадут только натурные измерения [2]. В этом случае будет полезно использование ПП «Aura Sound Vision», «Simcenter Sound Camera», «BK Connect Acoustic Camera Applet» или «Sorama Portal. Данные ПП визуализируют и анализируют уже зарегистрированный акустический сигнал на объекте или конструкции, помогая найти источник шума и отследить его распространение в пространстве, что способствует выявлению и визуализации «тонких» мест ограждающей конструкции для последующего принятия решений.

В заключение отметим, что вне зависимости от полученных результатов, расчет или лабораторные измерения конструкции, Rw реальной ограждающей конструкции зависит от таких факторов, как корректное проектное решение и высокое качество исполнения строительных работ. Поиск путей борьбы с внутренним воздушным шумом, основанный на мониторинге существующих решений, показал, что звукоизоляционная эффективность ограждающей конструкции зависит не только от проектных решений (расчет и правила монтажа конструкций), но и от грамотной эксплуатации помещения.

Литература

1. Цукерников И. Е., ТихомировЛ. А., Соломатин Е. О., Салтыков И. П., Кочкин Н. А. Решение задач строительной акустики как фактора, обеспечивающего безопасность и комфортность проживания в зданиях // Жилищное строительство. 2014. № 6. С. 49–52. EDN SFTNEF.
2. Теличенко В.И., Васильев М.Д., Рудь Н.С., Канев Н.Г. Сравнительный анализ российских, зарубежных и международных нормативных требований к звукоизоляции воздушного шума в гражданских зданиях. Вестник МГСУ. 2026;21(5):781-800. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2026.5.781-800

УДК 378.147:72:004.9

ЦИФРОВАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ АРХИТЕКТОРА В КОНТЕКСТЕ BIM: УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЯ

Мухаркина А.А.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия

muharkina@mail.ru

Обязательное применение технологий информационного моделирования (ТИМ, BIM) на объектах капитального строительства предъявляет новые требования к подготовке архитекторов. Однако в образовательных программах «цифровая компетенция» часто трактуется упрощённо – как владение конкретным ПО (Renga, nanoCAD, Revit): компетенция сводится к знанию интерфейса, а контроль – к проверке технических операций, тогда как координация разделов, работа в среде общих данных и управление моделью на жизненном цикле объекта остаются за скобками. Возникает разрыв между нормативными требованиями (ГОСТы, BIM-стандарты, регламенты ТИМ) и содержанием программ. Цель работы – уточнить содержание понятия «цифровая компетенция архитектора в контексте ТИМ/BIM» через выявление его структуры и уровней.

В педагогике компетенция определяется как наперёд заданное социальное требование к образовательной подготовке, включающее знания, умения, навыки и опыт деятельности [1]. В образовании архитекторов цифровая компетенция трактуется не только как технический навык, а как комплексная управленческо-коммуникационная метакомпетенция и переход к информационному менеджменту [2]. Такие трактовки либо избыточно широки, либо узкоинструментальны и не охватывают специфику ТИМ. Предлагаемая структура включает четыре компонента (см. таблицу).

Таблица. Структура цифровой компетенции архитектора в контексте ТИМ

Компонент	Содержание
Когнитивный	Принципы ТИМ/BIM, нормативная база (BIM-стандарты, EIR, BEP, КСИ), уровни проработки модели (LOD), форматы обмена (IFC, OpenBIM)
Деятельностный	Создание модели по разделу АР, связанные чертежи и спецификации, проверка на коллизии, работа в среде общих данных (CDE), обмен в формате IFC
Социально-коммуникативный	Координация смежных разделов, взаимодействие с инженерами и BIM-координатором, командная работа с распределением ролей
Ценностно-рефлексивный	Понимание цифровых технологий как инструмента, дополняющего архитектурное мышление; готовность к непрерывному самообучению

Предлагается различать два уровня сформированности. Инструментальный – владение функционалом ПО и решение локальных задач без координации со смежниками. Концептуальный – понимание ТИМ как методологии, работа в среде общих данных, управление на этапах жизненного цикла, коллаборативное проектирование. Первый уровень формирует пользователя программы, второй – участника ТИМ-проекта.

Уточнённое определение: цифровая компетенция архитектора в контексте ТИМ/BIM – интегральное профессионально-личностное качество, включающее знания принципов информационного моделирования, умения создавать модели объекта и управлять ими, навыки командной работы в среде общих данных и ценностно-рефлексивную готовность к непрерывному освоению цифровых инструментов, обеспечивающее проектную деятельность на всём жизненном цикле объекта.

Уточнённое понятие охватывает ТИМ как профессиональную деятельность, а не только как технологию. Это позволяет проектировать педагогические условия перехода от инструментального уровня к концептуальному: дает возможность использовать технологию педагогических мастерских [3], которая демонстрирует проектный характер учебной деятельности и помогает объединять студентов в проектные команды, готовые как для участия в BIM-чемпионатах, так и для будущей профессиональной деятельности в коллективе [4].

Литература

1. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования// Народное образование. 2003. № 2. С. 58–64.
2. Shahruddin, S., Zairul, M., Haron, A. T. Redefining the Territory and Competency of Architectural Practitioners within a BIM-Based Environment: a Systematic Review // Architectural Engineering and Design Management. 2021. Vol. 17, No. 5–6. P. 376–410. DOI: 10.1080/17452007.2020.1768506.
3. Мухаркина А. А., Хусаинова Г. В. Возможности применения технологии педагогических мастерских при обучении бакалавров архитектуры BIM-проектированию // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. СПб.:СПбГАСУ, 2023. С. 258–264. DOI: 10.23968/BIMAC.2023.035.
4. Горовой Н. В., Нижегородцев Д. В., Семенов А. А., Суханова И. И. Формирование цифровых компетенций в сфере строительства посредством BIM-чемпионата Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский гос. архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 2(48). С. 89–94.

УДК 004.032.26:747

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДИЗАЙНЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Наумов К.А., Мальцева И.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

tekkenthuggger@gmail.com, i.n.maltceva@urfu.ru

Сегодня искусственный интеллект (ИИ) – уже не просто тренд, а значимый инструмент в нашей жизни, и его роль продолжает расти. В статье рассматриваем как ИИ применяется в архитектуре и дизайне интерьера. Конечно, здесь есть свои плюсы и минусы. Очевидные преимущества, которые делают его привлекательным для решения многих задач:

1) доступность, так как инструменты ИИ легко найти и использовать;

2) большинство решений интуитивно понятны, то есть интерфейс достаточно простой;

3) низкий порог входа предполагает, что не нужно долго учиться, чтобы начать получать первые результаты;

4) это один из самых экономичных способов получить базовые решения.

Но что же именно мешает ИИ выполнять работу архитектора? Сейчас ИИ больше подходит для работы с числовыми данными, например, математика. ИИ всё ещё не способен заменить профессионального архитектора – особенно в серьёзных проектах. На наш взгляд, главная проблема в том, что нейросети плохо воспринимают объект в объёме и не до конца понимают работу базовых деталей интерьера. Простой пример – двери. Нейросети часто видят их, как статичный элемент. Поэтому в визуализации разные предметы оказываются вплотную к дверному полотну. В реальности такая дверь просто не откроется. Ещё одна проблема – эргономика. ИИ нередко предлагает планировки, неудобные в эксплуатации: например, размещает кухонную раковину и плиту в противоположных концах кухни, что сильно усложняет работу на ней. Кроме того, ИИ пока не умеет «чувствовать» пространство. Работа архитектора – это не только формы и расчёты, но и работа с фактурами, материалами и цветами. Здесь нейросетям по-прежнему тяжело [1, 2].

Важный нюанс – «насмотренность». Это навык, которому нельзя научиться по книгам: его накапливают годами, впитывая визуальный опыт. Архитектор способен уловить «душу» здания, почувствовать его энергию и создать эскиз, который идеально сочетается с историей и назначением объекта. Яркий пример – винодельня Bodegas Portia в Испании: каждый элемент там не только красив, но и функционален, а само здание обладает особой атмосферой. Нейросеть не способна на такую синергию: она опирается только на прочитанные данные и стремится к упрощению, избегая «лишних сложностей» [3]. И именно это отличает мастера своего дела от нейросети, ведь она старается все сделать простым без лишних «заморочек» и основывается лишь на той информации, которую прочла из доступной литературы. А человек отличается тем, что обладает вкусовыми качествами в том направлении, в котором работает: будь то брутализм или модернизм.

В каких же случаях ИИ действительно полезен. ИИ вполне можно использовать для бюджетных ремонтных решений. Если нужен базовый, аккуратный вариант без больших амбиций, нейросеть поможет быстро набросать идеи. Но стоит быть готовым к тому, что за ИИ придётся «подчищать» ошибки и дорабатывать проект вручную. А вот для масштабных, амбициозных проектов с большим бюджетом ИИ не подходит. Здесь важна способность идти на риск ради сильного результата, умение чувствовать стиль и иметь собственный вкус. Вкус формируется из множества факторов: образа жизни, окружения, любимых фильмов и книг, личных переживаний – всего того, что делает подход архитектора уникальным.

В заключении хочется сказать, что нейросети в архитектуре и дизайне – это полезный, но всё же вспомогательный инструмент. Не стоит доверять им всю работу, ведь это кисть в руке художника, которой нужно управлять, а не волшебная палочка, решающая все задачи сама.

Литература

1. Albukhar I.N. The role of artificial intelligence (AI) in architectural design: a systematic review of emerging technologies and applications//Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture.Vol. 16. Pp. 1457–1476.
2. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // Информационные технологии и архитектура – 2025. № 4(65).С. 311-324. DOI: 10.24412/1998-4839-2023-4-311-324
3. Ленский Е.М., Тумилевич Е.Н. Нейросети в дизайне интерьеров: автоматизация, персонализация и новые возможности // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». 2026. Том 17. № 2. С. 135-140. ISSN2079-8490

УДК 658.5:004

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Новик В.А., Бовтеев С.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

vasilina.novik@yandex.ru, sbovteev@lan.spbgasu.ru

По официальным сообщениям в I квартале 2025 года с технологиями информационного моделирования (ТИМ) работали 38 % российских застройщиков, а во II квартале 2026 года применяли или пробовали применять ТИМ уже 49% застройщиков [1]. Распространение ТИМ усиливает актуальность анализа нормативных требований к формированию и ведению информационной модели объекта капитального строительства.

Цель работы – проанализировать проблемы нормативного регулирования ТИМ в проектировании и строительстве. Сопоставлены положения постановлений Правительства РФ № 331 и № 614 по условиям обязательности, составу сведений, срокам введения требований и форматам передачи данных.

Для наглядного представления результатов анализа действующие требования декомпозированы и сгруппированы по видам документации и форматам передачи данных (см. рисунок). Условия их применения уточнены в примечании.



Рисунок. *Группы нормативных требований к информационной модели. Разработано авторами*

Постановление Правительства (ПП) № 331 устанавливает случаи обязательного формирования и ведения информационной модели, а ПП № 614 – правила, состав сведений и форматы их представления. При этом обязанность ведения модели необходимо отличать от условий формирования её отдельных составляющих. Например, дополнение графической части рабочей документации цифровой информационной моделью зависит от наличия такого требования в задании на проектирование [2].

В результате анализа отмечаются риски потери данных при переходе между этапами проекта и дополнительные затраты на их восстановление. Применительно к рассматриваемым требованиям передача документов в XML и цифровых моделей в IFC требует сохранения связей между содержащимися в них сведениями. Если эти связи не сохранены, может потребоваться ручное сопоставление данных, увеличивающее трудозатраты и риск расхождений между моделью и документами.

Таким образом, установление обязательств по применению ТИМ само по себе не исключает рисков нарушения связей между данными при их передаче между этапами жизненного цикла объекта. Результаты анализа указывают на важность согласованного применения и дальнейшего уточнения действующих требований для передачи и повторного использования информации в проектировании, строительстве и эксплуатации [3]. Планы внедрения искусственного интеллекта в строительной отрасли до 2030 года усиливают актуальность этих проблем, поскольку автоматизированная обработка требует согласованных и взаимосвязанных данных [4].

Литература

1. Минстрой России: офиц. сайт. URL: https://minstroyrf.gov.ru/press/dolya-rabotayushchikh-s-tekhnologiyami-informatsionnogo-modelirovaniya-zastroyshchikov-uvelichilas-d/
2. Гусева Г. В. Технологии информационного моделирования в строительстве: российский опыт, проблемы и перспективы // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2025. № 7-1. С. 67-72.
3. Шемякина Т. Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития // Вестник университета. 2020. № 7. С. 89-95.
4. ТАСС: информ. агентство России: сайт. URL: https://tass.ru/nedvizhimost/26910415

УДК 72.01

ВЕРТИКАЛЬНОЕ КОМПЕНСАТОРНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ: ОТ ДРЕВНИХ САДОВ К СОВЕТСКОМУ АВАНГАРДУ

Плужникова С.Э.

Научный руководитель: академик РААСН Коротич А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Sofa1852@yandex.ru

Идея размещения растительности на искусственных основаниях известна с древности. Висячие сады Семирамиды (Вавилон, VI в. до н.э.) – первый известный пример многоярусного озеленения на террасах. Зиккураты Месопотамии (IV тыс. – 600 г. до н.э.), парадизы Ахеменидов (Пасаргады, Сузы, Персеполь, VI–IV вв. до н.э.), греческие агоры, римские сады на крышах, вилла Мистерий в Помпеях – та же логика: при отсутствии свободной земли зелень выносится наверх, на искусственные уровни.

Прием решал конкретные задачи. Он давал тень и прохладу, очищал воздух, создавал психологический комфорт. Ту же логику через тысячелетия продолжит советский авангард.

Вплоть до начала XX века вертикальное озеленение остается эпизодическим приемом. Плотная застройка промышленных городов не оставляет места для природы, но системного решения архитекторы не предлагают. Зелень вытесняется на периферию.

Конструктивизм возвращает идею на новом уровне. Появляются четкие морфологические приемы создания вертикального озеленения. Г.М. Людвиг применяет древние прототипы в формообразовании. Летний дворец Кемаля Ататюрка (1926) – многоступенчатая композиция, отсылающая к зиккурату, с зимними и летними садами[1].

И.И. Леонидов в конкурсных проектах 1927–1930-х гг. использует озеленение на крышах и по фасадам, интегрируя растительность в структуру здания: в проекте Дома Промышленности (1928) – интерьерное и вертикальное озеленение, эксплуатируемая крыша и открытые этажи; в проекте Института статики (1929) – открытые этажи и крыша стилобата [2].

К.С. Мельников в проекте жилого дома для рабочих и служащих издательства «Известий» (1930-е гг.) размещает на крыше стилобата двухъярусный парк внутри замкнутого двора. Зеленая платформа создает микроклимат, защищает от шума и пыли, формирует среду для повседневного отдыха [3, 4].

В проекте застройки Котельнической и Гончарной набережных (1934) Мельников развивает найденные им приемы. Сквозные пешеходные бульвары, перпендикулярные реке, формируют экологические коридоры. «Висячие сады-рестораны» завершают «зеленый каркас». Искусственный бульвар-атриум, нависающий над магистралью, выполняет функцию фиторемедиации: почвенно-растительный слой поглощает пыль и выхлопные газы, создает акустический буфер, исключает дорогу из психологического поля жителей [3].

Вертикальное озеленение не появилось в XX веке. Его история уходит в древность. Но системный характер оно приобрело только в советском авангарде. Людвиг, Мельников, Леонидов работали с ним по-разному, но каждый выстраивал собственный набор приемов.

Функциональное концентрирование превращает стилобат в пешеходный форум. Компенсаторное озеленение выносит растительность на искусственные основания в тех зонах, где не хватает земли. Климатическое зонирование через формообразование позволяет обходиться без энергосистем: микроклимат создается самой геометрией здания, а не техникой [5]. Эти приемы работают и сегодня. «Акрос Фукуока» в Японии (1995); «Вертикальный лес» в Хуангане, Китай (2021); «Тысяча деревьев» в Шанхае (2021); БЦ «Земельный» в Москве (2020); «Капитал Спринг» в Сингапуре (2021).

Советский авангард оставил рабочий метод. Его планировочные и средоформирующие решения применимы к задачам «зеленого» строительства и в России, и за рубежом.

Литература

1. Хан-Магомедов С. О. Генрих Людвиг. М.: Фонд Русский авангард, 2007. 168 с.
2. Хан-Магомедов С. О. Конструктивизм – концепция формообразования. М.: Стройиздат, 2003. 574 с.
3. Сборник архитектурных мастерских Моссовета за 1934 год. Т. II. М., 1936.
4. Хан-Магомедов С. О. Константин Мельников. (Серия «Мастера архитектуры»). М.: Стройиздат, 1990.
5. Тетиор, А. Н. Устойчивая архитектура: теория и практика: учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2016. 360 с.

УДК 004.021

МАРШРУТИЗАЦИЯ В ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭПСИЛОН-СЕТЕЙ

Рожков А.Н.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

rozhkovalex@hotmail.com

Цифровые двойники зданий становятся ключевой инфраструктурой для управления инженерными системами, мониторинга и аварийной навигации. Высоко детализированные модели содержат десятки тысяч узлов, ребер, граней и ячеек, что приводит к комбинаторному росту пространства состояний. В таких условиях прямой поиск оптимального маршрута в цифровом двойнике здания становится ресурсоемким, а пересчет при отказах элементов замедляется. Существующие подходы, основанные на обучении, требуют больших выборок, плохо интерпретируются и слабо адаптируются к внезапным сбоям.

Задачей исследования является построение детерминированного топологического метода маршрутизации, позволяющего сократить пространство поиска без потери структурных свойств модели. Цифровой двойник здания рассматривается как полиэдральный комплекс, элементы которого ранжируются по размерности: узлы, ребра, грани и ячейки [1, 2]. Смежность определяется наличием общих составляющих более низкого ранга, что обеспечивает строгую топологическую связность модели.

Предложен метод построения маршрута на основе ε-сетей: близкие элементы объединяются в классы при выполнении условия расстояния меньше заданного параметра ε [3]. Для каждого класса выбирается представитель, а исходный граф заменяется факторизованным графом с меньшим числом состояний. На укрупненном графе маршруту сопоставляются два критерия: число переходов между ε-классами и реальная длина маршрута (сумма длин ребер между последовательными элементами маршрута). Оптимизация выполняется лексикографически: приоритет отдается минимизации межклассовых переходов, а при их равенстве – минимизации длины пути.

Проведена программная реализация на Python 3.12 с демонстрацией на модели реального здания, содержащего 7423 узла, 20697 ребер, 19215 граней и 5940 ячеек. Для узлов исходное пространство имеет 7423 состояний. ε-факторизация сократила это число на порядок, до 382 состояний. На рисунке приведены: а) обычный маршрут, б) лексикографически оптимизированный маршрут, построенный на факторизованном пространстве состояний. Полученный результат подтверждает снижение размерности пространства поиска, сохранение топологической связности и возможность получения интерпретируемого маршрута, удобного для оператора. Предложенный подход является детерминированным, масштабируемым, устойчивым к локальным сбоям и применимым к задачам BIM-платформ и многоагентной маршрутизации.

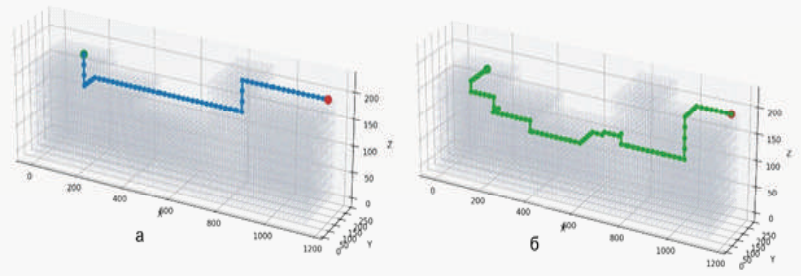


Рисунок. *а – обычный маршрут, б – лексикографически оптимизированный маршрут из узла моделип1000 в п7163, оси X,Y,Z – координаты модели здания, дм*

Практическая значимость работы состоит в возможности получения маршрутов, устойчивых к локальным изменениям модели. Укрупненная структура позволяет быстро выявлять допустимые зоны перемещения и сокращать время принятия решений. Это особенно важно при эвакуации, роботизированной навигации и управлении инженерными системами. Таким образом, применение ε-сетей способствует формированию дополнительного уровня описания цифрового двойника здания, связывающего геометрию модели с управленческой интерпретацией маршрута, и позволяющее оценивать устойчивость системы к локальным сбоям здания.

Литература

1. Rozhkov A. N., Galishnikova V. V. Explicit Digital Models of Linear Complexes //International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций). 2022. Т. 18. №. 4. С. 101-110.
2. Rozhkov A. N., Galishnikova V. V. Construction and Modification of Topological Tables for Digital Models of Linear Complexes //Mathematical and Computational Applications. 2023. Т. 28. №. 2. С. 37.
3. Demidov A. S., Kochurov A. S., Popov A. Y. To the problem of the recovery of nonlinearities in equations of mathematical physics //Journal of Mathematical Sciences. 2009. Т. 163. №. 1. С. 46-77.

УДК 72.01; 004.9

ПЛАНИРОВОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ МАЛОГО ИНДУСТРИАЛЬНОГО ЗДАНИЯ ОБЪЕКТА ЛАЙТ-ИНДАСТРИАЛ

Семёнова В.А. [1,2]
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н. [2]
[1]*ООО «ЛооАрхитект», Екатеринбург, Россия*
[2]*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия*
vareiiika@mail.ru, i.n.maltceva@urfu.ru

Формат коммерческой недвижимости лайт-индастриал [1] сочетает в одном пространстве производство без вредных выбросов, хранение и офис в городской застройке вблизи жилых районов. Также в общественной зоне для резидентов лайт-индастриал часто предусматривают фитнес-зал с бассейном, супермаркеты, кафе.

Исследование направлено на решение задачи дополнения лайт-индастриал одноэтажными производственными объектами для размещения малых и средних производствс технологическим процессом, требующим серьезного грузоподъемного оборудования и размещения массивных производственных линий, которые не в полной мере находят удовлетворение производственных потребностей многоэтажным форматом, но в то же время не готовы довольствоваться предложениями исторически сложившегося фонда промышленной недвижимости либо инвестировать в полноценную отдельно стоящую производственную площадку.

Объемно-планировочные структуры современных промышленных зданий базируются на принципах универсальности, модульности, гибкости, совмещения пространств [2,3]. В исследовании применены три типа структур: линейная, гребенчатая и центричная. За ячейку принят каркас 24 м на 54 м, позволяющий обеспечить обширную зону работы крана и дать возможность разместить крупногабаритное и массивное производственное оборудование. Таким образом, рассматриваемая ячейка дает возможность удовлетворить потребности малых и средних производственных предприятий, чьим требованиям не всегда отвечают многоэтажные объекты формата лайт-индастриал.

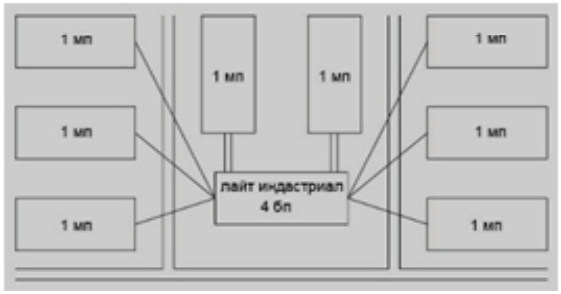


Рис. 1. *Центричная структура. Схема автора*



Рис.2. *Фотореалистичное изображение гребенчатой структуры. Сгенерировано автором*

Благодаря управляемым параметрам – размеру ячеек, типу структуры, приближению к границам земельного участка, расстояния между зданиями, ширине проезда можно создавать гибкие, адаптивные, экономически эффективные производственные площадки.

С помощью искусственного интеллекта на базе языковой модели с указанием параметров на основе концепции пожарной безопасности и особенностей участка автором были получены скрипты для размещения 2D-структур на участках с различными габаритами (рис. 1). В исследовании применена связь DeepSeek и AutoCAD, при этом стоит отметить, что выбор модели и программного обеспечения не ограничен. Способ позволяет рассмотреть различные сценарии деления площадей, генерировать варианты посадки ячеек на участок с максимальной площадью застройки и исследовать потенциал участка как для максимально эффективного использования, так и для формирования сценария роста и развития. Для дальнейшего рассмотрения избранные 2D-структуры были доработаны с использованием графической нейросети, использующей реальные геометрические данные и диффузионную модель (рис. 2). Например, в данном исследовании была использована облачная платформа Visoid.

Использование базовых структур вместе с языковой и графической нейросетью позволило сократить время, требуемое на анализ участка и выбор планировочной схемы.

Литература

1. ГОСТ Р 72778-2026. Национальный стандарт Российской Федерации. Объекты лайт-индастриал. Общие требования. М., 2026, 7с.
2. Дмитриева А. О. Принципы объемно-планировочной организации новейших производственных объектов // Архитектура и современные информационные технологии. 2019. № 2(47). С. 135-149.
3. Дианова-Клокова И. В. Об архитектурных решениях научных и инновационных объектов // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 1. С. 64-73. DOI 10.22337/2077-9038-2021-1-64-73.

УДК 72.021:004.9

МАТРИЦА ПРОСТРАНСТВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Скворцов А.В.

Уральский государственный архитектурно-художественныйуниверситет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия

21976@mail.ru

Матрица пространств – это профессиональная интерпретация данных о пространственной структуре города на основе метамоделей типов городских пространств. Формы компоновки метамоделей и способы их встраивания в матрицу на разных масштабных уровнях собственно и представляют собой концепцию структуры пространств городав рамках одного из многих сценариев динамической сборки матрицы в генеративных моделях. Изначально метамодели городских пространств разрабатывались нами в учебных целях для освоения навыков композиционного моделирования с вектором проектирования от части к целому в противоположность традиционному дедуктивному планированию [1]. В генеративном моделировании такие метамодели можно рассматривать как смысловые единицы (токены) системы данных о городском пространстве, в которых заложены следующие композиционные признаки:

– типы городских пространств производные от историко-культурной мифологемы «улица-площадь» и классифицированные по степени композиционной неоднородности;

– принципы, приемы и средства пространственной организации по параметрам композиционного взаимодействия, ведущей композиционной темы, масштабного зонирования.

Использование матрицы пространств для самообучения генеративных моделей позволит заложить в них композиционные параметры узнаваемых типов городских пространств как основы пространственной ориентации человека в городе. В задачах анализа городской среды матрицу пространств можно рассматривать в следующих значениях как:

– стратегию архитектурно-градостроительной токенизации LCM моделей[2];

– метод оценки композиционной сложности (индекс гетерогенности городской среды);

– показатель степени масштабирования системы для определения точек фазового перехода между упорядоченным и неупорядоченным состояниями (с точки зрения пространственной организации);

– алгоритм построения структуры градостроительных пространств «элемент-целое-концепция».

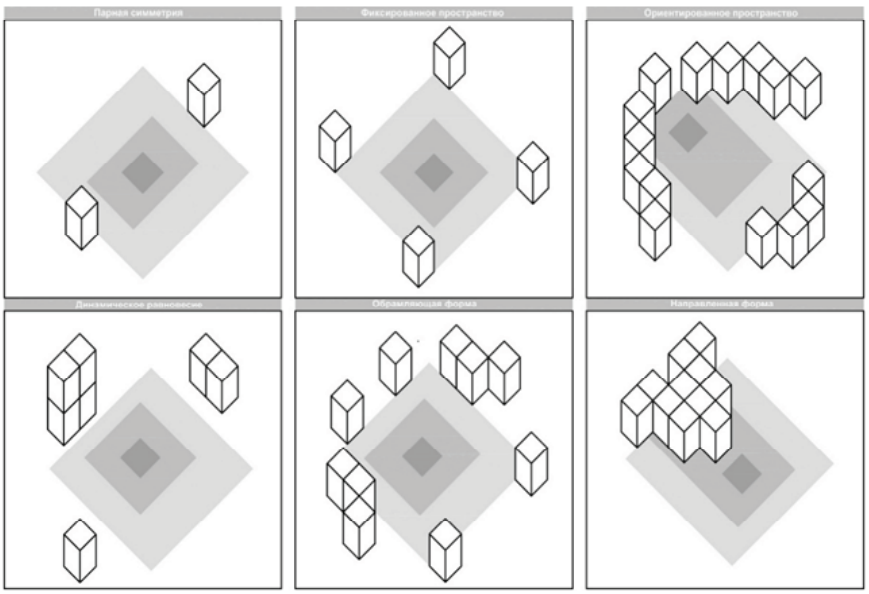


Рисунок.*Фрагмент матрицы пространства площади.*
Разработано автором

Литература

1. Скворцов А. В. Пространство улицы в культурном ландшафте города// Алферовские чтения. Диалоги о защите культурных ценностей: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ, 2026. С. 41.
2. Koehler D. Compositional Intelligence: Architectural Typology Through Generative AI. Abingdon : Routledge, 2026. 18 p. URL: https://www.academia.edu/144260551.

УДК 711.0.0

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Собенина Е.Ю. [1]***, Оленьков В.Д.*** [2]***, Колмогорова А.О.*** [2]***, Васильева А.М.*** [1]

[1]*ПК ГПИ Челябинскгражданпроект, Челябинск, Россия,*

[2]*Южно-Уральский Государственный Университет, Челябинск, Россия*

ogp -chgrp@yandex. ru

Градостроительство как над отраслевая структура объединяет знания и методы из множества научных и практических областей для решения комплексных задач по формированию, развитию и эксплуатации среды обитания человека.

Процесс внедрения современных информационных технологий, позволяющих накапливать, анализировать, интегрировать знания из разных дисциплин: архитектуры, экономики, социологии, экологии, географии, инженерии, права и других в процесс проектирования, является важным этапом развития градостроительной деятельности. Разработка надежной методологической базы для генерирования вариантов научно обоснованной, экологически устойчивой, экономически эффективной градостроительной модели – перспективное исследовательское направление.

Данное исследование посвящено выявлению особенностей муниципальных образований Челябинской области как территориальных комплексов, входящих в системы расселения разных уровней организации в различных географических условиях.

Пространственная организация расселения Челябинской области [1] представляет собой систему развивающихся узлов расселения – агломераций – территорий, предполагающих потенциал наибольшей интенсивности использования и «ткани расселения» – территорий муниципальных образований (городского, сельского типов расселения), которые являются своеобразными буферными зонами, территориями, выполняющими «компенсационные» задачи. По характеру распределения градостроительных узлов перспективная модель дифференциации территории по интенсивности освоения предполагается следующая. (рис. 1). Анализ муниципальных образований как территориальных комплексов показал иную картину (рис. 2).

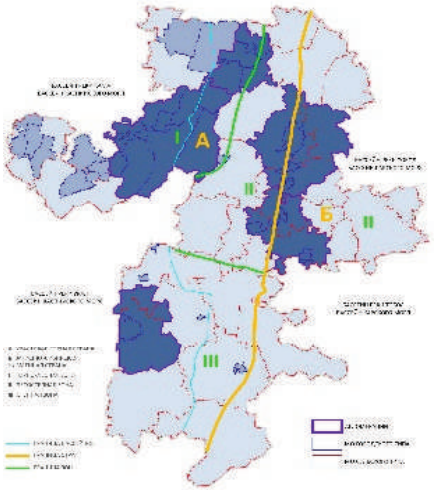


Рис. 1. *Модель дифференциации по интенсивности градостроительного освоения (модель системы расселения). Составлено авторами*

Анализ потенциала хозяйственного освоения территории [2] показывает ограниченность природоохранного ресурса территорий [3] муниципальных образований лесостепной и степной зоны, непосредственно влияющего на устойчивость территориального комплекса урбанизированным нагрузкам, снижая качества среды жизнедеятельности.

Исследование показывает, что для создания основы устойчивой системы пространственного развития области необходима разработка опорных показателей территориального природно-антропогенного комплекса [4] муниципального образования исходя из его географического положения и средообразующей роли в системе расселения области.

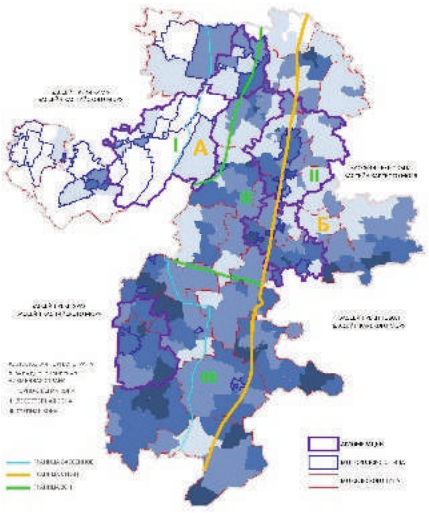


Рис. 2. *Модель дифференциации по интенсивности хозяйственного освоения (модель территориального комплекса). Составлено авторами*

Литература

1. «Схема территориального планирования Челябинской области» (утв. постановлением Правительства Челябинской области от 24.11.2008 г. №389-П).
2. Оленьков В.Д. Территориальное планирование: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. 147 с.
3. Проект схемы размещения и развития сети особо охраняемых природных территорий Челябинской области (Отчет по хозяйственному договору с Министерством радиационной и экологической безопасности Челябинской области № 66-06 / ОБ от 10.05.2006 года).
4. Митягин С.Д. Градостроительство. Эпоха перемен. Санкт-Петербург, 2016. 280 с.

УДК 004.896; 624.014.2

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В РАЗДЕЛЕ «КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИРОВОЧНЫЕ»

Соколов М.А., Фомин Н.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россияsokolv_maksim@mail.ru, ni.fomin@urfu.ru

В работе рассмотрены возможности искусственного интеллекта для автоматизированного контроля соответствия исходных данных для раздела «Конструкции металлические деталировочные» (КМД) и содержания ведомостей, которые в нем формируются. Актуальность исследования обусловлена высокой трудоемкостью ручного анализа ведомостей металлопроката и необходимостью снижения количества дефектов конструктивно-технологических решений в разделе КМД [1]. Предлагаемый подход заключается в использовании возможностей искусственного интеллекта для сравнительного анализа ведомостей и формирования перечня расхождений с последующей инженерной оценкой выявленных отклонений.

Как известно, разработка металлических конструкций включает последовательный переход от принципиальных конструктивных решений, содержащихся в разделе «Конструкции металлические» (КМ) к деталировочным решениям, представленным в разделе КМД. Поэтому различия между исходными и фактическими ведомостями могут быть как следствием допустимых технологических уточнений, так и необоснованных изменений, относящихся к дефектам конструктивно-технологических решений [2].

К основным причинам, усложняющим сравнительный анализ ведомостей, относятся: различия в их структуре и обозначениях элементов, сокращения и неоднозначные наименования, изменение профилей, стандартов и марок стали, расхождения в массе металла, а также дублирование или пропуск позиций и т. д.

Предлагаемая интеллектуальная система для автоматизированного контроля изменений состоит из следующих блоков: 1) загрузка исходных ведомостей КМ и КМД, 2) извлечение табличных и текстовых данных,

3) нормализация обозначений, 4) установление соответствий между элементами, 5) формирование перечня расхождений,

6) анализ выявленных отклонений (см. рисунок). Нормализация предусматривает удаление лишних пробелов, унификацию десятичных разделителей, перевод единиц измерения, приведение к единому формату марок стали, профилей, стандартов и распознавание сокращений [3]. Например, записи «30Б1», «30 Б1» и «Двутавр 30Б1» должны интерпретироваться как единое обозначение профиля. Для сопоставления данных каждая строка ведомости представляется в виде структурированного объекта (E), содержащего атрибуты: профиль (P), стандарт профиля (G), марку стали (M), расчетную или фактическую массу (W): E = {P, G, M, W}.



Рисунок. *Структура системы контроля. Автор Соколов М.А.*

Предлагаемая система может обеспечить выявление расхождений марок стали, сечений элементов, массы металла и стандартов профилей. При этом не каждое отличие следует считать дефектом конструктивно-технологических решений: допустимыми могут быть добавление фасонок, ребер жесткости, монтажных накладок и учет особенностей заводских сварных соединений. Поэтому расхождения должны классифицироваться и ранжироваться.

Таким образом, интеллектуальная система автоматизированного контроля соответствия исходных данных КМ и фактических ведомостей КМД будет обеспечивать формирование перечня расхождений, требующих проверки. Окончательное решение принимает инженер, учитывающий согласованные изменения проекта и технологических требований. Такой подход к контролю позволяет перейти от ручной проверки к последовательному и комплексному анализу полного массива данных ведомостей, сократить трудозатраты инженеров на их анализ и повысить надежность контроля соответствия конструктивно-технологических решений требованиям. Перспективным направлением дальнейших исследований является создание обучаемой интеллектуальной системы с обратной связью от экспертов для снижения числа ложных срабатываний и повышения точности выявления критичных отклонений.

Литература

1. Петрухин А.Б. Развитие технологий искусственного интеллекта в строительстве // Вестник Поволжского государственного технологического университета. 2024. № 2(30). С. 67–77. DOI: 10.25686/2542-114X.2024.2.67.
2. Горев В.В. Металлические конструкции: учеб. для строит. вузов: в 3-х т. Т.2: Конструкции зданий. М.: Высшая школа, 2004. 528 с.
3. Zahid G.E., Cardone D., Amelio A. Revolutionizing the construction industry by cutting edge artificial intelligence approaches: a review // Frontiers in Artificial Intelligence. 2024. Vol. 7. Article 1474932. DOI: 10.3389/frai.2024.1474932.

УДК 666.3.022

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА С КЕРАМИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Столбоушкин А.Ю. [1]***, Фомина О.А.*** [2]***, Дмитриев В.О.*** [1]

[1]*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия*

[2]*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия*

stanyr@list.ru, soa2@mail.ru, vsdmitriev@mail.ru

Применение добавок при производстве строительных материалов обусловлено необходимостью целенаправленно улучшать их свойства, например, прочность, водопоглощение, морозостойкость и др. в соответствии с требуемыми параметрами и условиями эксплуатации. Комплексные добавки обычно являются многофункциональными и, как правило,влияютна формирование сразу нескольких свойств изготавливаемого материала. При этом возможно взаимное усиление действия компонентов комплексной добавки, что приводит к появлению синергетического эффекта [1, 2].

В настоящее время практически отсутствуют математические методы, прогнозирующие в полной мере свойства изготавливаемого материала от действия компонентов комплексной добавки [3].

Основными терминами, используемыми для характеристики результирующего действия эффекта от применения многокомпонентной добавки, являются ***«аддитивный эффект»***, ***«синергетический эффект»*** и «***антагонистический эффект»*** [4], значения которых соответственно равны, превышают или меньше суммы эффектов от каждого отдельного компонента добавки. На основании принципа независимого действия каждого компонента системы ($i = n$), характеризуемого величиной эффекта (e_i) от действия добавкии ее процентной концентрацией (C_i) в системе иописываемого формулой:

$$E_{mix} = \sum_1^n C_i \cdot e_i \,, \tag{1}$$

где E_{mix} – суммарное воздействие от компонентов комплексной добавки, авторами предложен следующий подход к решению задачи прогнозирования суммарного воздействия при изготовлении материалов с керамической матрицей.

Так как формула (1) не отражает всех параметров каждого i-го компонента комплексной добавки, оказывающих влияние на общее суммарное воздействие, когда необходимо учитывать не только концентрацию компонентов добавки, но и другие их параметры. С учетом предложенного подхода суммарное воздействие от компонентов комплексной добавки в матрицу керамического композита примет следующий вид:

$$E_{mix} = \sum_1^n C_i \cdot \frac{(B_i + D_i + H_i + \cdots + X_i)}{m} \cdot e_i \,, \tag{2}$$

где m – количество характеристик компонента комплексной добавки, B_i – равномерность распределения, D_i – дисперсность, H_i – химическая активность, далее ряд других параметров, включая параметр X_i.

Попытка эмпирической оценки суммарного воздействия компонентов при использование бинарной добавки-плавня предпринята на примере улучшения свойств матрицы для керамического композиционного материала [5]. В результате разработанного способа формирования агрегированных комплексовиз техногенного сырья, покрытых оболочкой, предложена модель влияния бинарной добавки-плавня в зависимости от ключевых параметров матрицы на физико-технические свойства строительных керамических композитов.

Работа выполнялась при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РоссийскойФедерации FFGU-2024-0016.

Литература

1. Карев Д. В., Коротин А. И., Седин Н. С., Седина Е. А. Актуальные вопросы применения комплексных добавок в цементных бетонах // Огарёв-Online. 2017. №11 (100). С. 9
2. Галибеев С.С., Кочнев А.М., Архиреев В.П., Спиридонова Р.Р. Синергизм в процессах модификации полиолефинов // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2004. №3. С. 3 – 13
3. Жолдакова З.И., Харчевникова Н.В., Мамонов Р.А., Синицына О.О. Методы оценки комбинированного действия веществ // Гигиена и санитария. 2012. №2.С. 86 – 89
4. Salamone J.C. Concise polymeric materials encyclopedia. NY: CRCPress, 1999. 1706 p.
5. Столбоушкин А.Ю., Матвеев А.А., Фомина О.А., Спиридонова И.В. Использование бинарной добавки-плавня для матрицы в керамических строительных композитах // Строительные материалы. 2026. №5. С. 35– 43.

УДК 72.01:378.147

ЭТИКА И АВТОРСТВО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИИ В АРХИТЕКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ

Трубникова И.С.
Сибирский Федеральный Университет, Институт архитектуры и дизайна , Красноярск, Россия
rinnna@yandex.ru

В архитектурной мастерской нейросети появились раньше, чем правила обращения с ними. Студент за вечер получает десяток убедительных картинок будущего здания, а преподаватель на просмотре видит эффектную подачу и не всегда может понять, что за ней стоит: продуманное решение или удачно подобранный запрос к генератору. Именно в этом разрыве между качеством изображения и качеством проекта и возникает вопрос об авторстве. Картинка не сообщает, разобрался ли ее автор в участке, понял ли логику движения людей, держится ли конструкция. UNESCO в руководстве по генеративному ИИ предлагает исходить из «человекоцентричного подхода», при котором искусственный интеллект «служит развитию человеческих способностей» (пер. авт.), и прямо рекомендует не допускать его применения там, где оно лишает учащихся возможности развивать мышление через наблюдение, практику и самостоятельное рассуждение [1].

В докладе ставится задача наметить рабочую схему, по которой преподаватель мог бы фиксировать и оценивать собственный вклад студента в проект, выполненный с привлечением ИИ. Мы опирались на сопоставление педагогических и правовых документов и разбор типичных ситуаций, возникающих на просмотрах и защитах учебных проектов. Схема пока не проходила проверку на учебном потоке, поэтому речь идет о предложении для обсуждения, а не об итогах эксперимента.

Первое, что приходится сделать, – развести три понятия, которые в разговорах о нейросетях постоянно подменяют друг друга. Авторское право отвечает на вопрос, что в результате охраняется законом. Академическая честность – на вопрос, выполнены ли условия задания и названа ли полученная помощь. Проектная ответственность – на вопрос, кто проверил решение и готов его защищать. Показателен доклад Бюро авторского права США 2025 года: в нем сказано, что «the use of AI tools to assist rather than stand in for human creativity does not affect the availability of copyright protection», но при нынешнем уровне технологий «prompts do not alone provide sufficient control» [2]. Это позиция одной юрисдикции, напрямую на российское право не переносимая, но для учебной практики из неё следует полезная мысль: ни число запросов, ни их изощренность сами по себе ещё не доказывают, что студент решил архитектурную задачу.

Авторский вклад мы предлагаем искать не в картинке, а в цепочке решений. Таких звеньев шесть: как сформулирована проблема; откуда взяты и как проверены исходные данные; по каким критериям сравнивались варианты; что из предложенного машиной отвергнуто и почему; как выбранный вариант доведен до плана, разреза и модели; как результат обоснован и выверен. Нейросеть в этой цепочке занимает место инструмента поиска на втором–четвертом звене и не должна закрывать остальные. Чтобы цепочка была видна проверяющему, в состав работы вводится паспорт использования ИИ – короткий документ, где указаны сервис, цель обращения к нему, загруженные материалы, ключевые запросы, принятые и отклоненные генерации, ручные правки и выполненные проверки. Паспорт оценивается вместе с эскизами, чертежами, моделью и устной защитой.

Единого правила «можно – нельзя» для всех заданий, на наш взгляд, быть не должно: режим задаётся целью. Если проверяется базовый навык – построение перспективы, ручная отмывка, – генеративные инструменты исключаются. Если учим вести концептуальный поиск, нейросеть допускается на этапе вариантов, а дальше работа идёт руками. В комплексном проекте использование открытое, но с паспортом. Главное условие – объявить режим до выдачи задания. Тогда на защите появляются конкретные вопросы: что в решении продиктовано участком, почему отброшены другие варианты, сходятся ли визуализации с планом и разрезом. Честно указанная помощь ИИ – условие необходимое, но не достаточное: она не заменяет проектную проработку.

Итог можно сформулировать коротко: этика работы с ИИ в учебном проектировании начинается не с запретов, а с переноса внимания с итогового изображения на проверяемый процесс. Тогда авторство перестает быть предметом подозрений и становится предметом разговора – о решениях, их основаниях и ответственности за них. Следующий шаг – апробация схемы на учебном потоке с независимой оценкой работ по единым критериям и учетом стартовой подготовки студентов.

Литература

1. Miao F., Holmes W. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023. 44 p. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693.
2. U.S. Copyright Office. Copyright and Artificial Intelligence. Part 2: Copyrightability. Washington, D.C., 2025. 52 p. URL: https://www.copyright.gov/ai/.

УДК 72:378.147

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК НОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ В АРХИТЕКТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Уморина Ж.Э.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
umorina87@yandex.ru

Параметрическое проектирование не входит в учебные планы как курс программного обеспечения. Студенты изучают Grasshopper, Dynamo на самостоятельной основе для архитектурного проектирования. Освоение метода параметрического моделирования сводится к изучению интерфейса. При включении в курс архитектурного проектирования параметрического мышления важным отличием становится появление правил создания формы. Изменение в действии отражает сдвиг типа проектного рассуждения [1, 2]. Отечественные исследования на эту тему описывают этот процесс как смену парадигмы формообразования [3]. Цель работы в изучении параметрической грамотности, которая становится дополнительным учебным курсом, а также разграничении инструментальных компетенции.

Понятие грамотности представлено как базовый навык вычислительного мышления, как умение читать и писать. Наличие этих навыков у архитектора не делает из него программиста [4]. Параметрическая грамотность не может быть сведена к умению собирать операции в конкретной среде. Можно выделить четыре этапа правильного алгоритма действий при формообразовании и поиске идеи. Первый – это выделение в задаче переменных и констант. Второй и не менее важный – определение зависимости между ними. Далее следует оценивание диапазона решений для выбора подходящего варианта. Завершающим является изучение чужих алгоритмов и анализа заложенной в них логики. Этапы параметрического мышления не привязаны к программному обеспечению и могут применяться в разных средах для решения проектных задач.

Различия между компетенцией и грамотностью проявляется в учебной программе. Создание модели по образцу не отражает видение управляющих и производных величин. Модель отражает взгляд автора, но автор не может объяснить ее работу. Так, проект определяется не задачей, а инструментальной компетенцией, освоением плагина. Формообразование в рамках ограниченных знаний. Знание программного обеспечения становится не достаточным для постановки задач. Параметрическое моделирование как курс рабочей программы должен быть непосредственно связан с архитектурным проектированием.

Параметрическая грамотность должна занять место сквозной подготовки в архитектурном проектировании. Следствием такого методологического изменения станет формулирование задания через правила для поиска образа. Правилом становится система зависимостей, порождающая семейство решений в диапазоне задач проектирования. Студент должен уметь оценивать и объяснять модель через поставленные задачи. Чтение и разбор чужих операций вводится в курс как изучение инструмента, а не как руководство к действию. Связь с инженерными и общенаучными дисциплинами происходит через зависимость, функцию и диапазон задач. Синергия межпредметной связи становится условием цифровой компетенции [5,6].

Связь параметрической грамотности и композиционной подготовки должна проходить параллельно в курсе архитектурного проектирования. Создание формы обусловлено знанием композиции и поставленной задачи проектирования. Цифровая грамотность, как знание инструмента, без связи с методологией проектирования становится воспроизведением чужих образов. Необходимость разработки критериев оценки параметрической модели, способов их апробаций и соответствия поставленным задачам становится приоритетной целью в учебном плане.

Литература

1. Woodbury R. Elements of Parametric Design. New York: Taylor & Francis, 2010. 300 p.
2. Oxman R., Gu N. Theories and models of parametric design thinking // Real Time: Proceedings of the 33rd eCAADe Conference. Vol. 2. Vienna, 2015. P. 477–482.
3. Сапрыкина Н.А. Тезаурус параметрической парадигмы формирования архитектурного пространства // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. №3(40). С. 281–303.
4. Wing J.M. Computational thinking // Communications of the ACM. 2006. Vol. 49. №3. P. 33–35.
5. Мухаркина А.А. Межпредметные связи как фактор развития цифровой компетенции // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Науч. ред. Г.Б. Захарова. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 67.
6. Петровская Е.И., Агейкин А.Д., Мананова Л.М. Методика прототипирования для формирования пространственно комфортной застройки (на примере работ магистров МАРХИ) // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. №2(51). С. 197–236.

УДК 72:378.147

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ФИКСАЦИЯ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ: ЭСКИЗНАЯ СТАДИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Уморина Ж.Э.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
umorina87@yandex.ru

Творческий метод эскизирования является традиционным для поиска решений в проектной деятельности архитектора. Графическое исполнение и техники позволяют увидеть в эскизах разные идеи и вносить корректировки на первой стадии проектирования в короткие сроки [1-3]. Ручная подача при эскизировании является творческим методом, механизмом проектного хода, описанным в отечественных исследованиях [4]. На практике студенты архитекторы стараются сократить эту стадию проектирования и перейти к созданию цифровой модели в программах ArchiCAD, SketchUp, Revit. Отсутствие интереса к эскизированию объясняется недостаточной мотивацией и неудобством этого метода.

Результат эскизирования может восприниматься как незавершенный, не наглядный. Поиск идеи занимает много времени и не даёт конечного результата сразу. Этот этап проектирования воспринимается как упражнение, без значимого оценивания. Ценность данного метода не предъявлена. Быстрый переход в цифровую модель даёт зримый результат, который можно оценить как проектное решение. Так, смена инструментальной среды влияет на методологию архитектурного проектирования, где цифровизация опережает перестройку методики [5].

Отказ от ручного эскизирования и ранний переход к компьютерному моделированию приводит к замораживанию идеи и концепции. Можно выделить три основные проблемы такого решения. Первая это ограничение идеи при использовании цифровых инструментов. Библиотечные элементы, типовые конструкции, высоты этажей по умолчанию влияют на выбор проектного решения. Второй проблемой становится не желание сохранить первоначальную идею из-за сложности воплощения или не достаточного знания цифровых инструментов. Сложности с внесением изменений в созданную модель зачастую останавливают её на первоначальном этапе. Третей проблемой является качество визуального представления, которое часто маскирует слабость объемно-планировочного решения. Исследование цифровых и рукотворных решений на начальной стадии проектирования показывают различие в характере концептуальных решений [6, 7].

С развитием технологий и способов цифрового проектирования запрет на использование этих инструментов становится непродуктивным. Возможность включения обязательного этапа ручного эскизирования в архитектурном проектировании требует методологического изменения. Нормирование количества эскизов, обязательные консультации идей, отказ от требования высокого графического исполнения поможет сохранению этого важного этапа проектирования. При переходе к компьютерному моделированию необходимо запретить чистовую визуализацию до утверждения концепции. Отказ от антуража до завершающего этапа. Вариантом замены ручного эскизирования могут стать цифровые инструменты поиска идеи, такие как планшетная графика, грубое объемное моделирование без привязки к размерам, параметрические модели с изменяемыми величинами. Остаётся контроль стадии эскизирования, поиска идеи при правильном использовании цифровых инструментов.

Изменение в методологии проектирования с использованием цифровых инструментов становиться необходимостью в современных курсах проектирования. Применениеметода эскизирования как основы творческого мышления архитектора является важной целью в обучении студентов. Эта стадия должна сохранить свою обратимость и неопределённость итоговой концепции для развития идеи. Необходимо придание поисковой стадии самостоятельного учебного статуса. Дифференцировать цифровые инструменты по стадии проектного решения для возможности применения на этапе эскизирования. Итогом этапа эскизирования должны становиться обсуждения идей в контрольных и экспериментальных группах.

Литература

1. Schön D.A. The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. New York: Basic Books, 1983. 374 p.
2. Goel V. Sketches of Thought. Cambridge, MA: MIT Press, 1995. 279 p.
3. Suwa M., Tversky B. What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis // Design Studies. 1997. Vol. 18. №4. P. 385–403.
4. Кожевников А.М. Графические техники архитектурного эскиза на примерах советских архитекторов 30-50 годов XX века // Architecture and Modern Information Technologies. 2013. №1(22). С. 1–14.
5. Штифанова Е.В. Задачи и проблемы высшего творческого образования в условиях цифровизации // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Науч. ред. Г.Б. Захарова. Екатеринбург: УрГАХУ, 2021. С. 74.
6. Ibrahim R., Rahimian F.P. Comparison of CAD and manual sketching tools for teaching architectural design // Automation in Construction. 2010. Vol. 19. №8. P. 978–987.
7. Bilda Z., Demirkan H. An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media // Design Studies. 2003. Vol. 24. №1. P. 27–50.

УДК 004.94:72.001.57:69

ОБЛАЧНАЯ VR-ПЛАТФОРМА ДЛЯ КОЛЛЕКТИВНОГО АНАЛИЗА BIM-МОДЕЛЕЙ В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Хлопотова В.С., Маркин А.И.
ООО "ЦРИТ", Екатеринбург, Россия
vika@jetstyle.ru, alex@jetstyle.ru

В архитектурно-строительном образовании BIM-модели используются при изучении объёмно-планировочных, конструктивных и инженерных решений. Однако при просмотре модели на мониторе студентам не всегда легко оценить масштаб объекта, взаимное расположение элементов и особенности проектируемого пространства. Это особенно заметно при коллективном разборе модели, когда необходимо не только увидеть отдельный элемент, но и обсудить его связь с другими решениями.

Виртуальная реальность может дополнить привычные инструменты BIM-моделирования на этапе анализа и обсуждения проекта. Интерактивная виртуальная среда позволяет рассматривать архитектурную модель в масштабе 1:1, последовательно перемещаться по объекту и обращать внимание группы на конкретные элементы. Развитие технологий информационного моделирования в образовании также связано с формированием навыков коллективной работы с цифровой моделью объекта [1, 2].

В работе рассматривается сценарий применения облачной VR-платформы BIMVR в дисциплинах, связанных с ТИМ/BIM. Преподаватель заранее подготавливает учебную или студенческую BIM-модель и организует занятие в общей виртуальной среде. Участники могут совместно проходить по помещениям, рассматривать архитектурные, конструктивные и инженерные решения, обсуждать проблемные зоны и фиксировать замечания непосредственно в контексте модели.

Преподаватель управляет ходом занятия: собирает группу в выбранной точке, задает маршрут, показывает отдельные фрагменты модели и модерирует обсуждение. Такой формат может использоваться при разборе учебных BIM-моделей, курсовых и выпускных проектов, а также при анализе специально подготовленных примеров с проектными ошибками и коллизиями. Важной особенностью сценария является переход от индивидуального просмотра модели к совместной работе, в которой преподаватель и студенты находятся в одном цифровом пространстве.



Рисунок. *Пример коллективного анализа BIM-модели в виртуальной среде BIMVR [3]*

Облачный подход упрощает организацию учебного сценария: модель подготавливается и размещается централизованно, без развертывания серверной инфраструктуры в вузе [3]. Платформа не заменяет BIM-системы проектирования, а дополняет их как среда пространственного анализа, презентации и коллективного обсуждения решений. Перспективой дальнейшей работы является апробация сценария в учебном процессе и оценка его влияния на понимание студентами проектных решений.

Литература

1. Чистяков А. В. Интерактивное виртуальное прототипирование в архитектурном проектировании // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». 2017. Т. 17, № 4. С. 74–78.
2. Лежнина Ю. А., Хоменко Т. В. Разработка модуля «Информационное моделирование зданий» на основе компетентностного подхода // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2 (40). С. 322–330.
3. BIMVR. Облачная платформа для совместной работы с BIM- и 3D-моделями в виртуальной реальности. URL: https://bimvr.ru/.

УДК 004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ВИНТОВЫХ ЛЕСТНИЦ В ПРОГРАММЕ RENGA

Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия
damiran@yandex.ru, aldisa@mail.ru, igorsaga@yandex.ru

Стандартный набор лестниц в программе Renga сводится к двум базовым вариантам – лестницам с прямыми и дугообразным маршами, на основе комбинаций, на которых выстраиваются все остальные более сложные варианты. Программа позволяет конструировать лестницы, состоящие из нескольких пролетов [1, 2], хотя промежуточные площадки приходится строить вручную с помощью перекрытий. Исходный набор элементов лестницы не содержит каких-либо декоративных деталей, поэтому все эстетические улучшения, возникающие за счет использовании фигурных проступей, промежуточных площадок, поручней и балясин с более сложной геометрией приходится создавать самостоятельно с помощью имеющихся в программе инструментов «Балка» и «Колонна» со сложными профилями, которые, также надо проектировать самому. Еще более сложной является ситуация, когда лестничные пролеты имеют усложненную геометрию, непосредственно не сводящуюся к предлагаемым базовым вариантам лестничных маршей. В этих случаях каждый вариант требует отдельных, подчас нестандартных, подходов и методов решения, возникающих в процессе проектирования конкретной лестницы.

В данной работе мы рассмотрим проектирование лестницы, расположенной на боковой поверхности стены, имеющей форму усеченного конуса, изображенного на рис. 1. Стена в данном случае смоделирована с помощью балки с параметризованным профилем таким образом, что возможно изменение ее толщины, наклона и высоты [3]. Построение винтовой лестницы непосредственно из дугообразных компонентов здесь осложняется тем, что по мере подъема происходит постепенное уменьшение радиуса лестничного пролета. В качестве возможного подхода в работе проводится дополнительная разметка поверхности конуса с помощью линий модели, выстраиваемых вдоль двух взаимно перпендикулярных диаметров. На начальном этапе проводятся две такие линии через центр основания конуса вдоль осей x и y, а затем происходит их тиражирование вдоль оси z с шагом 1500 мм до верхнего основания конуса. Далее, линии, направленные вдоль оси x, смещаются в вертикальном направлении на 750 мм, таким образом, что каждая из них находится посередине между двумя линиями, направленными вдоль оси y. Точки пересечения этих линий с поверхностью стены являются точками привязки лестницы к стене. Построение пролетов лестницы проводится с помощью дугообразных лестничных элементов, выстраиваемых по трем контрольным точкам, совпадающим с точками привязки. Каждый пролет в этом случае движется вдоль сжимающейся полуокружности и поднимается на высоту 1500 мм. Общая высота такой башни, как следует из рис. 1, составляет 4500 мм, поэтому вся лестница состоит из трех пролетов. На Рис. 2 представлен результат построения винтовой, сужающейся кверху лестницы.

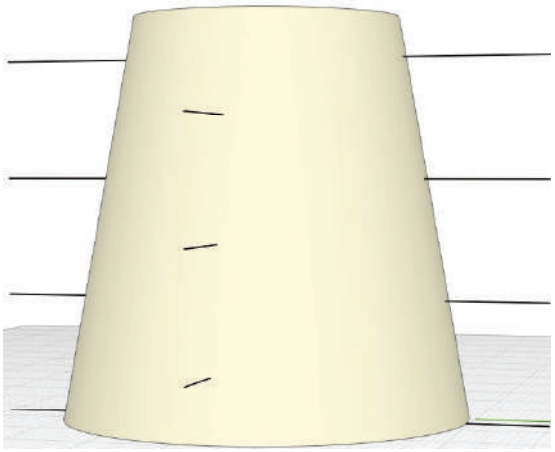


Рис.1. *Конусообразная стена. Разработано авторами*

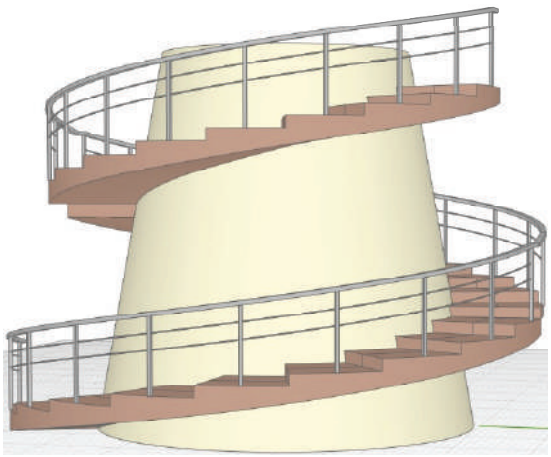


Рис.2. *Сложная лестница. Разработано авторами*

Литература

1. Практическое руководство пользователя Renga. © ООО «Ренга Софтвэа», 2023. URL: https://manual.rengabim.com.
2. Головкина В.Б., Коршунова А.Р. Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga Architecture // Новый университет. Серия: технические науки. № 4-5 (50-51). 2016. С. 8-13.
3. Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В. Параметрическое моделирование наклонных стен в программе Renga // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ. 2024. С. 97.

УДК 004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИТРАЖНЫХ СИСТЕМ В ПРОГРАММЕ RENGA

Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия
damiran@yandex.ru, aldisa@mail.ru, igorsaga@yandex.ru

Программа Renga содержит базовый набор инструментов, достаточный для решения основных задач архитектурного проектирования в случае, если геометрия проектируемых зданий не слишком сложна [1, 2]. Тем не менее, некоторые из весьма существенных инструментов, наличествующие в аналогичных зарубежных программах Revit и ArchiCAD в Renga, отсутствуют. Одним из таковых является инструмент, именуемый в программе Revit «Витраж», а в программе ArchiCAD – «Навесная стена». В современных высотных офисных зданиях соответствующий архитектурный элемент чрезвычайно распространен, соответственно возникает вопрос, каким образом его можно проектировать имеющимися на данный момент в программе Renga инструментами. Необходимость такой замены достаточно очевидна, поскольку программы Revit и ArchiCAD официально в Россию на сегодняшний день не поставляются, а Renga является полностью отечественной разработкой.

В данной работе рассматривается моделирование витражей с помощью инструментов «Окно» и «Сборка». Фактически, витраж формируется комбинированием нескольких окон разного вида предварительно переведенных в режим «Сборка» [3]. В программе Renga имеется готовый набор параметризованных окон разной формы, из которых можно составить витраж, но определенная трудность возникает в связи с тем, что в архитектурных программах окно не существует отдельно от стены, в то время как элементы витража опираются исключительно друг на друга, а стена ограничивает витраж только по его внешнему периметру. Выход здесь возможен за счет того, что программа не накладывает каких-либо ограничений на размер стены и, в частности, окно можно прикрепить к практически незаметной стенке в форме кубика с ребром 1мм. Еще один ограничитель связан с тем, что окно может свободно перемещаться только в плоскости стены, в то время как сборка окон в планируемый витраж может сопровождаться вращением окон относительно любой из декартовых осей, поскольку витраж не всегда бывает плоским объектом. Данная сложность снимается за счет конвертации каждого из используемых окон в элемент типа «Сборка», для которого допустимы любые повороты, задаваемые в программе углами Эйлера. На рис.1 приведены два элемента сборки витража построенные с помощью стандартных окон и далее конвертированные в элементы «Сборка». На рис. 2 представлен витраж, сформированный на основе этих окон, причем квадратный элемент повернут в плоскости чертежа на 450. Аналогичным образом создаются витражи с элементами, лежащими в разных плоскостях.

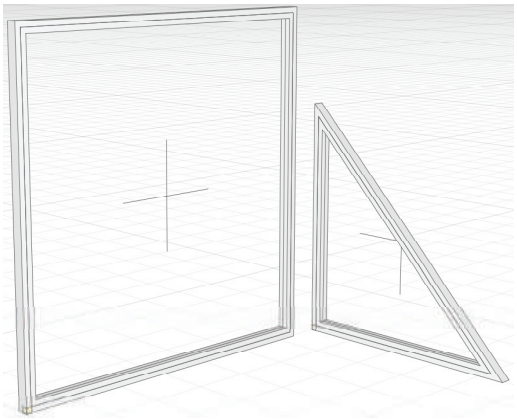


Рис.1. *Элементы сборки витража. Разработано авторами*

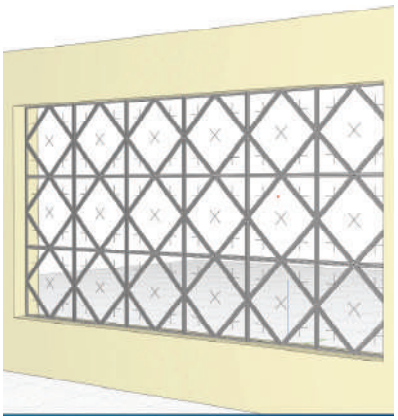


Рис.2. *Витраж. Разработано авторами*

Литература

1. Практическое руководство пользователя Renga. © ООО «Ренга Софтвэа», 2023. URL: https://manual.rengabim.com.
2. Головкина В.Б., Коршунова А.Р, Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga Architecture // Новый университет. Серия: технические науки. 2016. № 4-5 (50-51). С. 8-13.
3. Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В. Моделирование декоративных элементов лестницы в программе Renga. // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ. 2025. С. 47.

УДК 004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОГРАММЕ RENGA

Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия
damiran@yandex.ru, aldisa@mail.ru, igorsaga@yandex.ru

Программа Renga на данный момент не содержит средств для моделирования декоративных элементов, поэтому, в случае необходимости, приходится адаптировать под возникающие задачи имеющийся набор инструментов [1, 2], который, в свою очередь, не всегда эффективно позволяет такие задачи решать. Вполне естественным выходом в этом случае представляется привлечение сторонних программ с более адекватным функционалом для моделирования объектов со сложной геометрией. В частности, можно использовать программу SketchUp с последующим импортом созданных объектов через промежуточный формат в программу Renga. Такой подход допустим, но имеет определенные ограничения, поскольку платные лицензии в Россию сейчас не поставляются, а программы с бесплатной лицензией не поддерживают важные промежуточные форматы файлов, что существенно ограничивает возможности использования импортированных объектов.

В данной работе в качестве сторонней программы при создании декоративных элементов используется отечественная программа NanoCAD. В качестве моделируемых объектов выступают декоративный текст для входной вывески и декоративная решетка возле входной двери. Программа NanoCAD содержит развитый инструментарий для работы с плоским текстом, однако для последующего использования в программе Renga необходимо набранный текст конвертировать в набор полилиний с помощью соответствующих команд редактирования, а затем прочистить буквы от внутренних полигонов. План декоративной решетки исходно выстраивается с помощью полилиний. На рис.1 представлена вычерченная схема для текста и декоративной решетки. Формат dwg, используемый для чертежей в NanoCAD, допускает перенос соответствующих файлов в программу Renga с последующей переработкой в трехмерные объекты. В частности, трехмерную надпись можно создать с помощью инструмента «Перекрытие», используя линии текста в качестве внешних границ для букв, а толщину перекрытия взяв равной предполагаемой толщине букв. Декоративную решетку можно построить с помощью инструмента «Балка», задав толщину балки равной толщине металлических прутьев в решетке. Текст и решетка, созданные таким способом в программе Renga, могут менять свое положение исключительно в горизонтальной плоскости, в то время как геометрия задачи предполагает их вертикальную ориентацию. Чтобы снять это ограничение следует перевести их в режим «Сборка» [3], после чего становится возможным задать ориентацию текста и решетки в пространстве с помощью углов Эйлера. На рис.2 приведено итоговое изображение оформленного входа в здание.



Рис.1. *Контуры декоративных элементов*



Рис.2. *Оформленный вход в здание. Разработано авторами*

Литература

1. Практическое руководство пользователя Renga. © ООО «Ренга Софтвэа», 2023. URL: https://manual.rengabim.com.
2. Головкина В.Б., Коршунова А.Р, Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga Architecture // Новый университет. Серия: технические науки. 2016. № 4-5 (50-51). С. 8-13.
3. Хусаинов Д.З., Хусаинова Г.В., Сагарадзе И.В. Моделирование декоративных элементов лестницы в программе Renga // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ. 2025. С. 47.

УДК 624.072.9

ФОРМИРОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СВЯЗЕЙ СТАЛЬНЫХ БАЛОК

Чебыкин Г.П.
Научный руководитель: канд. тех. наук, зав.каф. Беляева З.В.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
chebyn@yandex.ru, z.v.beliaeva@urfu.ru

Одна из функций систем связей стальных каркасов – это обеспечение общей устойчивости конструкций. Общая устойчивость балок является предельным состоянием первой группы, достижение которого приводит несущий элемент в аварийное состояние. Поскольку балочные системы выполняются преимущественно из элементов открытого профиля (двутавры/швеллеры), для которых вопрос обеспечения устойчивости часто является основным при проектировании, в отечественной практике применяются горизонтальные связи (рис. а). При этом в нормативном поле правил «Стальные конструкции» [1] отсутствуют какие-либо указания и рекомендации по применению связей поперечного типа: диафрагм сплошного сечения или решетчатых ферм (рис. б). Последние обладают рядом преимуществ при проектировании покрытий и перекрытий общественных зданий, при реконструкции гражданских и промышленных сооружений, поскольку могут совмещать в себе несколько несущих функций.

Сущностная разница этих типов связей заключается в механике их работы: горизонтальные ограничивают боковые смещения сжатых поясов (поступательная пружина), а поперечные препятствуют повороту сечения в целом (спиральная пружина). При сплошном упругом раскреплении от поворота решение задачи по определению критического момента, после которого происходит потеря устойчивости, может быть найдено из выражения [2]:

$$M_{cr} = \sqrt{M_0^2 + EI_y \beta} \quad (1)$$

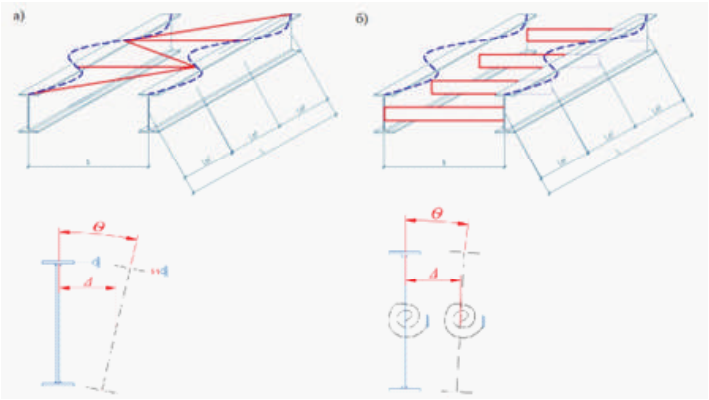


Рисунок. *Типы связей: а – горизонтальные; б – поперечные. Рисунок автора*

где, M_0 – собственная несущая способность нераскрепленной балки по устойчивости, кНм; I_y – момент инерции балки в слабой плоскости, β – эквивалентная поворотная жесткость упругого непрерывного раскрепления балки связями, кНм/рад.

Иностранные нормы [3] вводят ряд упрощений, которые влияют в некоторых случая на результаты расчета: пренебрегают собственной несущей способностью, не учитывают неупругую стадию потери устойчивостии т.д. С целью компенсации этих погрешностей иностранными исследователями введены различные коэффициенты, которые применять напрямую в рамках отечественных норм не представляется возможным. Тем не менее, даже с учетом этого возможны случаи, когда нормы [3] недооценивают несущую способность конструкций, особенно в случаях, когда поперечные связи не состоят из элементов массивного сечения. В связи с этим считаем данную тему актуальной для рассмотрения.

В качестве основы отечественной методики считаем целесообразным принять выражение (1) Б.М. Броуде, распространив его действие на неупругую стадию работы посредством приемов отечественных мостовых норм [4]. В случае совместного применения горизонтальных связей, установленных по растянутым поясам,

и поперечных связей, выстраиваем решение на основе модели эквивалентной жесткости бокового раскрепления Prado [5].

Литература

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II23-81*. М., 2017.142 с.
2. Броуде Б.М. Предельные состояния балок: монография. Москва; Ленинград: Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1953. 216 с.
3. AISC. Steel construction manual: American Institute of Steel Construction. 16th ed. Chicago, Il : AISC, 2023. vol. 2200 p.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*. – Введ. 2011-05-20. Москва: Минрегион России, 2011. 268 с.
5. Prado E. Assessment of basic steel I-section beam bracing requirements by test simulation: master of sciences in civil engineering thesis. School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology. Atlanta, GA, 2015. 243 p.

УДК 711.4:624.131

КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТИПОЛОГИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА МАЛЫХ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ

Чудакова С.А., Бакаева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия
tchudakova.sofia@yandex.ru, natbak@mail.ru

Общественные территории в структуре историко-культурного ландшафта (ИКЛ) малых сельских поселений горных регионов представляют собой систему пространственных узлов, каждый из которых обладает морфологическими, функциональными и социально-экономическими характеристиками. Управление такой системой требует перехода от качественных описаний к количественно обоснованной типологии. Концептуальная идея работы состоит в том, что общественная территория ИКЛ может быть описана конечным набором измеримых признаков и отнесена к одному из устойчивых типов, для каждого из которых формируется собственный режим градостроительного регулирования [1]. Такая постановка переводит задачу сохранения наследия из плоскости охраны отдельных памятников в плоскость дифференцированного управления территорией [2,3].

Алгоритм построения кластерной модели включает четыре этапа. Первый этап: формирование признакового пространства. Общественные территории ИКЛ описываются набором измеримых признаков, отражающих их морфологические, функциональные и социально-экономические характеристики [4,5]. К таким признакам относятся площадь, удалённость от исторического ядра, доля исторической застройки, транспортная доступность, доля озеленения, коэффициент связности. Совокупность территорий образует матрицу наблюдений. Второй этап: снижение размерности. Метод главных компонент позволяет выявить латентные факторы, объясняющие основную часть дисперсии и устраняющие мультиколлинеарность признаков[6]. Содержательная интерпретация компонент дает основания для перехода к кластеризации. Третий этап: кластеризация. Иерархическая кластеризация позволяет определить оптимальное число кластеров[7]. Четвертый этап: ГИС-картографирование. Результаты кластеризации визуализируются в геоинформационной среде с наложением на топографическую основу и исторические границы, что обеспечивает пространственную интерпретацию типов.

Итоговая кластерная модель выделяет четыре устойчивых типа общественных территорий ИКЛ. Тип А –исторические ядра. Характеризуются максимальной долей исторической застройки, минимальной удаленностью от ядра, высокой культурной ценностью. Тип В – транзитные зоны. Для них присуща высокая транспортная доступность, средняя доля исторической застройки. Тип С – рекреационные периферии с максимальной долей озеленения, низкой транспортной доступностью. Тип D – деградированные территории, для которых характерны низкие значения по всем признакам, минимальная доля исторической застройки.

Предложенная кластерная модель переводит типологию общественных территорий ИКЛ из описательной плоскости в формализованную, обеспечивая воспроизводимость, объективность и пространственную привязку результатов. Алгоритм построения модели включает четыре этапа: формирование признакового пространства, снижение размерности, кластеризацию и ГИС-картографирование. Итоговая модель представляет четыре типа территорий, которая формирует основу для градостроительной политики и может применяться органами МСУ при разработке документов территориального планирования малых сельских поселений горных регионов.

Литература

1. Чудакова С.А., Бакаева Н.В. Градостроительное зонирование историко-культурных ландшафтов горных сельских поселений: разработка и обоснование градостроительных регламентов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2026. (2 (54)). С. 11-23.DOI:https://doi.org/10.22227/2311-1518.2026.2.11-23
2. Титаренко И.Н.Сохранение культурного наследия исторических поселений в России: история и современные проблемы // Вестн. Том. гос. ун-та. 2020.№450. С. 177-184. DOI: 10.17223/15617793/449/22
3. Бондарь В.В., Маркова О.Н. К проблеме официального статуса исторических поселений и культурных ландшафтов// Культурное наследие России. 2020. №3. С. 14-19. DOI:10.34685/HI.2020.30.3.002
4. Алексеев Ю. В. Единая методологическая база профессиональной деятельности в строительной отрасли: монография.Москва: Изд-во АСВ, 2025. 630 с.
5. JiaoL., WangY., MaM., XuZ. Multi-dimensional Characteristics and Pattern Recognition of Urban Form: A Case Study of Natural Cities in China, the United States and Europe // Geomatics and Information Science of Wuhan University. 2024. № 6. P. 1005–1017. DOI: 10.13203/j.whugis20230038.
6. Орловская Т. Н. Исследование взаимосвязи индексов человеческого развития, качества городской среды, качества жизни и валового регионального продукта методом главной компоненты // Вестник ВГУИТ. 2022. №1 (91). С. 344-350. DOI:10.20914/2310-1202-2022-1-344-350
7. Vartholomaios A. Detection and clustering of urban form types with machine learning: insights into Thessaloniki's urban planning and evolution. Computational Urban Science.2025. № 5:51. DOI:https://doi.org/10.1007/s43762-025-00206-9

УДК 004.94

ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В СИСТЕМАХ NANOCAD И MODEL STUDIO CS

Чуманов А.А.[1], Романов А.С.[2]

[1]АО «СиСофт Разработка», Москва, Россия

[2]Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург,Россия

[1]chumanov.andrey@csoft.ru, [2]emm.yikes@gmail.com

В современных условиях реставрационного проектирования особую актуальность приобретает вопрос создания достоверных информационных моделей (ИМ) объектов культурного наследия. Объекты культурного наследия – памятники архитектуры – представляют собой уникальные здания-свидетели эпох и цивилизаций, обладающие особой историко-культурной ценностью. Ключевой задачей реставрации является сохранение особенностей подлинного облика памятника, послуживших основанием для включения его в реестр [1].

Информационная модель выступает цифровым инструментом фиксации и сохранения историко-культурных особенностей здания – памятника архитектуры [2]. Целью формирования ИМ ОКН является создание достоверной цифровой копии, позволяющей документировать текущее состояние памятника, планировать и верифицировать реставрационные работы, а также прогнозировать влияние внешних факторов на конструкции здания.

Методология моделирования строится на последовательном выполнении стадий: исследование реального объекта, определение цели и формы представления модели, выделение существенных признаков, определение уровня допуска отклонений, формирование описаний структуры, формализация объекта, верификация и практическое применение модели.

Достоверность информационной модели обеспечивается соблюдением ряда принципов: точной фиксацией геометрии, учетом исторической аутентичности, определением уровня допуска отклонений и интеграцией архивных материалов. Для обеспечения достоверности применяются специализированные инструменты платформ nanoCAD и ModelStudio CS, позволяющие создавать конструктивные элементы с высокой детализацией, формировать структурированные описания и работать с облаками точек для верификации геометрии.

Информационная система CADLib Модель и Архив позволяет структурировать данные информационных моделей для последующего использования на всех этапах жизненного цикла ОКН. Структурирование данных в информационной модели базируется на двух ключевых принципах — привязке элементов и документации к общей структуре проекта. Использование методов структурированного хранения информации об объекте культурного наследия позволяет хранить данные по периодам его существования и трансформации, включая исторические этапы строительства, реконструкции, реставрации и текущей эксплуатации, а также привязывать к каждому периоду соответствующую документацию, фотоматериалы, результаты обследований и цифровые модели, что обеспечивает прослеживаемость изменений и поддержку принятия решений на всех стадиях жизненного цикла ОКН.

При моделировании учитывается специфика различных материалов: деревянных конструкций, каменной и кирпичной кладки [3], архитектурного декора. Верификация является критическим этапом, включающим сопоставление модели с исходными обмерами, сравнение с данными лазерного сканирования и внесение необходимых корректировок.

Использование современных инструментов позволяет минимизировать риски искажения подлинного облика ОКН, повысить качество проектных и производственных работ, создать цифровой двойник памятника для последующего мониторинга состояния. Таким образом, информационная модель, созданная с применением цифровых инструментов и соблюдением строгих критериев достоверности, является перспективным инструментом в задачах сохранения памятников архитектуры.

Литература

1. ГОСТР 55528-2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. памятники истории и культуры. М, 2014. 16 с.
2. Захарова Г.Б. Информационное моделирование исторических зданий // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. III Междунар. науч.-практ. конф./ под общ. ред. А.А. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 112–118.
3. ГОСТ Р 72212— 2025. Работы реставрационные. Реставрация кирпичной кладки. Правила и контроль выполнения работ

УДК 624.074.433

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

Шатохин В.Н., Ермолин Д.С.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
volshatoh@mail.ru

Горизонтальные цилиндрические резервуары широко используются в городском хозяйстве – для хранения дизельного топлива, мазута и других видов горюче-смазочных материалов; для накопления и хранения запасов питьевой и технической воды в системах холодного и горячего водоснабжения; в качестве буферных емкостей (гидроаккумуляторов) для стабилизации работы систем теплоснабжения и сглаживания пиковых нагрузок и т.д. Проектирование и эксплуатация резервуаров должна сопровождаться проектными и проверочными расчетами, которые осложняются низкой распространенностью готовых цифровых решений для оперативного анализа. Для решения данного вопроса к рассмотрению предлагается программный комплекс для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции резервуара.

Расчет резервуаров строится на основе методов моделирования оболочечных конструкций. Развитие математических моделей и методов расчета оболочечных конструкций берут своё начало в работах В.В. Новожилова, А.С. Вольмира, С.П. Тимошенко и др. На сегодняшний день методы расчета оболочечных конструкций в условиях обтекания ветра и давления жидкости получили развитие в работах [1–5] и др.

В качестве наиболее распространенных моделей оболочек в потоке жидкости и газа используются модель Кирхгофа – Лява, модель Тимошенко – Рейсснера [6].

Программный комплекс написан на Python и реализует расчет оболочки Тимошенко – Рейсснера, математическая модель представлена в виде групп геометрических и физических соотношений, а также функционала полной энергии, как разности работы внутренних усилий и моментов и работы внешней нагрузки (см. рисунок). Минимизация функционала производится методом Ритца, перемещения представляются в виде рядов Фурье по функциям, соответствующих условиям отсутствия опирания. Среди особенностей при моделировании работы оболочки горизонтального резервуара следует отметить дискретный характер опирания оболочки. Для учета дискретных опор в программе реализован метод множителей Лагранжа – к функционалу полной энергии добавляется работа связей, минимизация функционала по Ритцу происходит в том числе по неизвестным множителям Лагранжа – реакциям опор и моментам заделки.

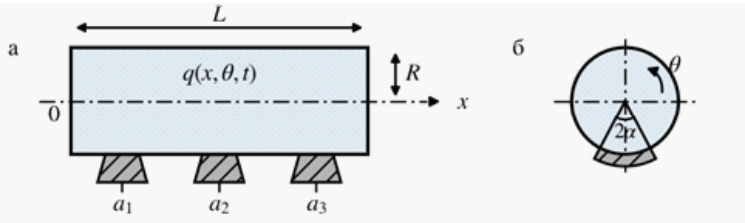


Рисунок. *Расчетная схема резервуара: а – вид сбоку; б – поперечное сечении. Разработано авторами*

Предполагаемые возможности программы можно разделить по этапам жизненного цикла конструкции. При инженерных расчетах – определение прогибов, усилий, реакций опор и собственных частот. При проектировании – сравнение вариантов опирания по числу и положению опор и выбор рационального. При эксплуатации – оценка влияния степени заполнения, изменения положения опор и динамических воздействий на состояние конструкции. Дальнейшее развитие предполагает учет геометрической нелинейности и определение собственных частот при дискретном опирании на основе конечно-элементной аппроксимации, а также реалистичных динамических нагрузок, в частности ветровой и от колебаний жидкости.

Литература

1. Разов И.О. Параметрические колебания и динамическая устойчивость однородных и неоднородных тороидальных оболочек в упругой среде // Вестник гражданских инженеров. 2025. № 3 (110). С. 74-83.
2. Бочкарев С.А. Устойчивость слоистых цилиндрических оболочек, заполненных жидкостью // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2025. Т. 29. № 1. С. 55-76.
3. Ермолин Д.С., Семенов А.А. Моделирование деформаций заполненной жидкостью цилиндрической оболочки в потенциальном потоке ветра // Промышленное и гражданское строительство. 2026. № 3. С. 22-28.
4. Соколов В.Г., Дмитриев А.В. Свободные колебания подземных прямолинейных тонкостенных участков газопроводов // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 29-34.
5. Вельмисов П.А., Решетников Ю.А., Семенова Е.П. О некоторых математических моделях механической системы «трубопровод – датчик давления» // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2010. № 1 (49). С. 39-44.
6. Карпов В.В. Прочность и устойчивость подкреплённых оболочек вращения: в 2 ч. Ч. 1. Модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости подкреплённых оболочек вращения. М.: Физматлит, 2010. 288 с.

УДК 621.314.2:621.311.6

РАЗРАБОТКА ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ С ИНТЕГРАЦИЕЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ

Якупов Н.М.
Научный руководитель: д-р тех. наук, доц. Сафин А.Р.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
janijaz@yandex.ru

Эффективная интеграция инвертора напряжения для беспроводной зарядки электромобилей в систему умного дома требует решения проблемы обеспечения функциональной совместимости и электромагнитной безопасности в условиях изменяющегося коэффициента связи и различных режимов нагрузки, определяемых положениями катушек относительно друг друга и мощностью передачи [1]. В основе первичной стороны системы индуктивной передачи энергии лежит инвертор, преобразующий постоянное напряжение в высокочастотный переменный ток для питания передающей катушки [2]. Как показано на схеме (см.рисунок), наиболее подходящей топологией является полный мост (H-bridge), состоящий из четырёх силовых SiC MOSFET-транзисторов (SW1–SW4) с обратными диодами и входным фильтрующим конденсатором.

Данная конфигурация позволяет формировать переменное напряжение с регулируемой амплитудой и частотой, обеспечивая эффективную передачу энергии через воздушный зазор. Ключевым требованием к таким инверторам является достижение режима мягкой коммутации, что минимизирует динамические потери и электромагнитные помехи, для этого необходимо, чтобы нагрузка инвертора носила индуктивный характер, а фазовый угол между током и напряжением лежал в определённых границах [3]. Проектирование инвертора с учётом совместимости с различными типами электромобилей требует применения метода импедансных плоскостей. Это гарантирует, что система сможет передавать номинальную мощность при различных смещениях автомобиля, изменении воздушного зазора и различных режимах нагрузки, определяемых положениями катушек относительно друг и мощностью передачи [4]. Интеграция такого инвертора в систему управления умным домом открывает дополнительные возможности: контроллер умного дома может получать данные о текущем энергопотреблении и состоянии батареи электромобиля, динамически регулируя выходную мощность инвертора для оптимизации нагрузки на домашнюю сеть [5]. Таким образом, разработка инвертора напряжения для беспроводной зарядки электромобилей должна вестись с учётом не только требований силовой электроники, но и возможностей интеграции в интеллектуальные системы управления зданием, что в конечном итоге повышает удобство, эффективность и безопасность эксплуатации электромобилей.

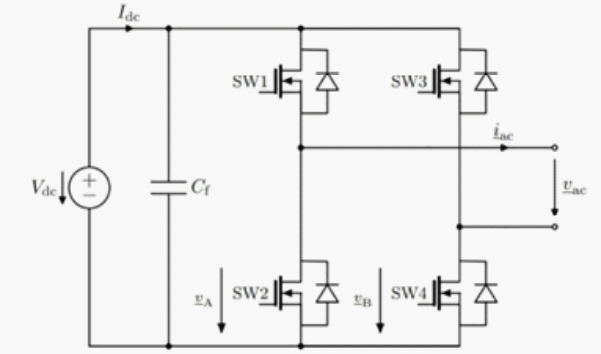


Рисунок. *Схема полномостового инвертора напряжения. Разработано автором*

Литература

1. Журов К. А. Беспроводная зарядка электромобилей с пневматическим подъемом // Сборник научных трудов БНТУ. Минск: БНТУ, 2023. С. 45–50.
2. Kumar A., Bertoluzzo M., Sagar A. A Novel Bi-directional Wireless Power Transfer Design for Smart Homes // International Journal of Information Technology. 2024.
3. Гаврилов В. А., Капитанова П. В. Современные направления развития систем беспроводной передачи энергии для зарядки аккумуляторных батарей электрических транспортных средств // Успехи современной радиоэлектроники. 2026. № 7. С. 5–20.
4. Климов Е. М., Фиронов А. М., Малеев Р. А., Зуев С. М. Developing a Hybrid Wireless Power Transfer System for Electric Vehicles // Известия МГТУ «МАМИ». 2025. Т. 19, № 1. С. 45–53.
5. Золотарев А. В., Цыринова А. С. Аналитическая модель системы беспроводного заряда электротранспорта // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. СПб.: Университет ИТМО, 2024. С. 112–115.

УДК 537.811:621.311.6

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УТЕЧКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ В УМНОМ ДОМЕ

Якупов Н.М.
Научный руководитель: д-р тех. наук, доц. Сафин А.Р.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
janijaz@yandex.ru

Одной из ключевых задач при проектировании беспроводных зарядных станций для жилых зон является контроль магнитного поля рассеяния, уровень которого должен оставаться безопасным для людей, находящихся вблизи автомобиля. Традиционные методы проверки этого параметра с помощью трудоемкого конечно-элементного моделирования для каждой рабочей точки неприменимы в системах реального времени [1]. Суть предложенного эффективного метода (интеграции контроля утечки непосредственно в импедансные плоскости) заключается в использовании линейной зависимости магнитного поля от токов катушек [2]. Если пренебречь насыщением феррита, магнитное поле линейно зависит от токов первичной (I_1) и вторичной (I_2) катушек, что позволяет масштабировать данные, полученные при единичных токах, на любые рабочие режимы. На представленном рисунке (см. рисунок) наглядно показана реализация этого подхода [3].

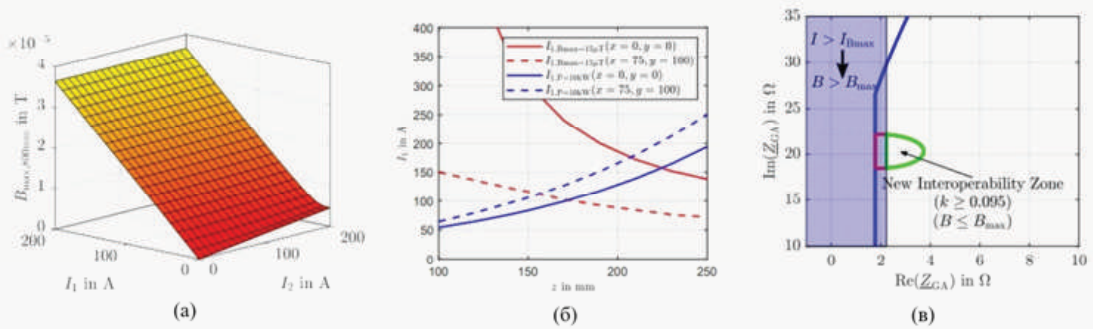


Рисунок. *Интеграция ограничений по утечке магнитного поля в метод импедансных плоскостей для безопасной беспроводной зарядки. Разработано автором*

График (а) демонстрирует трехмерную поверхность максимальной плотности магнитного потока $B_{«max»,800»mm»}$ в зависимости от токов I_1 и I_2, подтверждая линейный характер их вклада. График (б) показывает, как на основе этих данных определяется максимально допустимый ток первичной катушки $I_{1,»Bmax»}$ (красные линии) для соблюдения порога в 15 мкТл при различных воздушных зазорах и смещениях, а также требуемый ток для передачи 10 кВт (синие линии) [4]. Если требуемый ток превышает безопасный предел, система не сможет работать без нарушения норм. Кульминацией метода является график (в), где ограничение по утечке (I>I_»Bmax») накладывается на область допустимых импедансов, отсекая левую часть и формируя новую «зону интероперабельности» с минимальным коэффициентом связи k≥0.095. Для умного дома это означает, что система управления энергопотреблением может в реальном времени считывать текущие токи и, используя предварительно рассчитанные карты утечки, прогнозировать уровень магнитного поля, а затем замыкать контур обратной связи – автоматически корректировать мощность инвертора или настройку компенсации при приближении к порогу 15 мкТл [5].

Таким образом, предложенный метод позволяет интеллектуальной системе зарядки не только оптимизировать энергопотребление, но и выступать в роли активного стража электромагнитной безопасности, легко интегрируясь в экосистему умного дома.

Литература

1. Compliance Assessment of the Spatial Averaging Method for Magnetic Field Leakage from a Wireless Power Transfer System in Electric Vehicles // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 7. P. 2672.
2. Kraus D., Covic G. A., Herzog H.-G., et al. Design and Assessment of an Interoperable Wireless Power Transfer System Using an Impedance-Based Method // IEEE Transactions on Power Electronics. 2023. Vol. 38, No. 2. P. 2768–2781.
3. Kumar A., Bertoluzzo M., Sagar A. A Novel Bi-directional Wireless Power Transfer Design for Smart Homes // International Journal of Information Technology. 2024. № 6. P. 3511–3515.
4. Журов К. А. Беспроводная зарядка электромобилей с пневматическим подъемом // Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: материалы респ. науч.-практ. конф. Минск, 25 нояб. 2022 г. Ч. 2. С. 44–47.
5. Золотарев А. В., Цыринова А. С. Аналитическая модель системы беспроводного заряда электротранспорта // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. СПб.: Университет ИТМО, 2024.

УДК 621.317.42

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В УМНОМ ДОМЕ

Якупов Н.М.
Научный руководитель: д-р тех. наук, доц. Сафин А.Р.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия
janijaz@yandex.ru

Обеспечение электромагнитной безопасности при беспроводной зарядке электромобилей в жилых зонах является критически важной задачей, поскольку уровень магнитного поля вблизи зарядной станции должен оставаться в пределах, установленных действующими стандартами для зон длительного пребывания людей [1]. В отличие от промышленных условий, в умном доме система зарядки должна функционировать автономно, непрерывно отслеживая уровень утечки и адаптируя режим работы в реальном времени. Для этого необходимо предварительно определить наиболее вероятные зоны максимального магнитного излучения, что невозможно без детального компьютерного моделирования [2].

На представленном рисунке (см.рисунок) показаны результаты такого моделирования: две плоскости — YZ-плоскость с датчиком B_x и XZ-плоскость с датчиком B_y – расположены на расстоянии 950 мм каждая от центра вторичной катушки, что соответствует половине ширины кузова легкового автомобиля. Цветовая карта распределения магнитного потока позволяет визуализировать области с максимальной плотностью: красная зона в XZ-плоскости указывает на пиковое значение B_y , которое является определяющим для оценки безопасности [3]. Именно в этих точках в реальной системе должны быть установлены магнитометрические датчики, которые будут передавать данные в контроллер умного дома. Проектируемая система мониторинга работает следующим образом: на этапе проектирования зарядной станции с помощью конечно-элементного моделирования создаётся карта распределения утечки для ряда положений автомобиля и токов катушек, затем эти данные аппроксимируются в виде аналитических зависимостей [4]. В процессе зарядки система управления умным домом получает информацию от датчиков, установленных в выявленных критических точках, и сравнивает текущие показания с безопасным порогом. Если плотность магнитного потока приближается к 15 мкТл, контроллер автоматически снижает передаваемую мощность, изменяет частоту, не прерывая зарядку полностью [5].

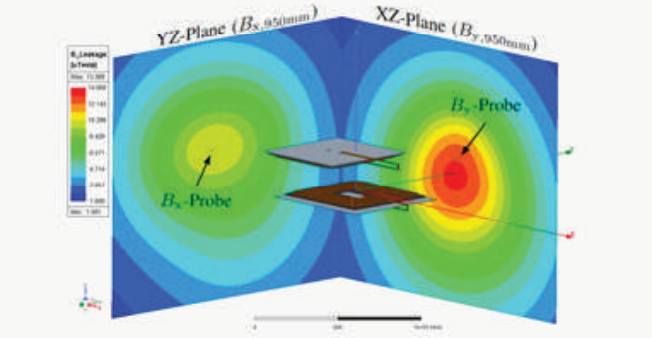


Рисунок. *Визуализация зон магнитной утечки и положение датчиков в FEM-модели. Разработано автором*

Интеграция методов FEM-анализа и онлайн-мониторинга в единую платформу умного дома позволяет создать безопасную, адаптивную и энергоэффективную систему беспроводной зарядки, которая не только обеспечивает комфорт, но и гарантирует соблюдение санитарных норм электромагнитной безопасности для всех жильцов.

Литература

1. Design of an IoT-Based Monitoring and Control System for Wireless EV Charging with Dynamic Coupling // IEEE Xplore. 2026.
2. Сафин А. Р., Ившин И. В., Цветков А. Н., Петров Т. И., Басенко В. Р., Манахов В. А. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 100–114.
3. Compliance Assessment of the Spatial Averaging Method for Magnetic Field Leakage from a Wireless Power Transfer System in Electric Vehicles // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 7. P. 2672.
4. Сафин А. Р., Козырев А. Б., Петров Т. И., Низамиев М. Ф., Басенко В. Р., Лямзина Д. Ю. Определение параметров катушек индуктивности устройства индукционного зарядного для бесконтактного способа зарядки электротранспорта // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 5. С. 74–83.
5. Пескин А. Беспроводные зарядные устройства компании Freescale Semiconductor // Компоненты и технологии. 2016. № 1(174). С. 54-61.

УДК 004.9:69

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ ЦИМ ОКС

Авагян С.А.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

электронная почта: surenavagyan.2005@mail.ru

Исполнительная документация фиксирует сведения о выполненных работах, применённых материалах, геометрических характеристиках и результатах строительного контроля. Исследования рассматривают автоматизацию её подготовки с использованием шаблонов и программных комплексов, цифровизацию процессов ведения исполнительной документации и формирование документов на основе цифровых информационных моделей [1–3]. При этом для формирования достоверного документа необходимо сопоставлять сведения из разных источников: цифровой информационной модели (ЦИМ) объекта капитального строительства (ОКС), проектной и рабочей документации, производственных данных и документов о качестве материалов.

Цель работы – сформулировать принципы автоматизации формирования исполнительной документации по строительно-монтажным работам на основе ЦИМ ОКС. Предлагаются следующие принципы: 1) использовать ЦИМ как источник проектных характеристик и идентификаторов элементов, но не считать её единственным источником исполнительных сведений; 2) сопоставлять данные ЦИМ с проектной и рабочей документацией, производственными сведениями и документами о качестве; 3) автоматически заполнять только те реквизиты, для которых исходные данные доступны и однозначно определяются; 4) сохранять участие ответственного специалиста при вводе или подтверждении фактических результатов и профессиональных оценок.

В соответствии с первым принципом из ЦИМ могут извлекаться идентификаторы и наименования элементов, расположение, этажи, оси, геометрические характеристики и проектные материалы. Проектная и рабочая документация уточняют проектные решения и требования к работам. Производственные данные предоставляют даты выполнения, результаты измерений, фактические размеры и отметки, сведения о применённых материалах и результаты контроля. Реквизиты конкретных паспортов, сертификатов и деклараций должны поступать из соответствующих производственных или документальных источников. Состав и ведение исполнительной документации определяются применимыми нормативными требованиями, включая приказ Минстроя России № 344/пр, СП 543.1325800.2024 и ГОСТ Р 70108-2025.

Практический сценарий предполагает, что специалист выбирает вид работ и соответствующий элемент ЦИМ. Система определяет обязательные реквизиты, сопоставляет их с доступными источниками и автоматически подставляет однозначно извлекаемые проектные сведения. Фактические значения и результаты профессиональной оценки вводятся или подтверждаются специалистом. Перед формированием электронного документа выполняется проверка полноты данных и наличия обязательных реквизитов в соответствии с установленной формой.

Предлагаемые принципы могут применяться к нескольким видам исполнительной документации на общей информационной основе. Для акта освидетельствования скрытых работ (АОСР) используются сведения о работе и элементе, проектные характеристики и результаты контроля. Для исполнительной схемы — геометрические и пространственные данные, оси и отметки, дополненные фактическими измерениями. Для документов о качестве материалов ЦИМ может предоставить проектное наименование и связь материала с элементом, но данные конкретного документа о качестве должны поступать из производственных или документальных источников. Таким образом, ключевыми условиями автоматизации являются согласованная структура данных, сопоставление нескольких источников и подтверждение фактических результатов ответственным специалистом.

Литература

1. Синенко С.А., Дорошин И.Н., Гнатусь М.А. Совершенствование подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях // Инженерный вестник Дона. 2020. № 2. URL: https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6302.
2. Гилязов И.Р., Новоселов А.В. Анализ возможностей цифровизации строительного комплекса для совершенствования ведения исполнительной документации // Современное строительство и архитектура. 2024. № 2 (45). DOI: 10.18454/mca.2024.45.1. URL: https://doi.org/10.18454/mca.2024.45.1.
3. Кац Е.В., Суворова А.В. Автоматизация формирования исполнительной документации на основе цифровой информационной модели // Вестник МГСУ. 2026. Т. 21. № 4. С. 652–666. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.4.652-666. URL: https://doi.org/10.22227/1997-0935.2026.4.652-666.

УДК 721.02+004.9

BIM-МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ РУССКОГО ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ УСПЕНСКОЙ ЦЕРКВИ НАЧАЛА XX ВЕКА В ДЕРЕВНЕ ЗАНИНА

Аверина А. С.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Захарова Г.Б.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н. С. Алферова, Екатеринбург, Россия

annaaverinnna@mail.ru, zakharova@usaaa.ru

BIM-моделирование объектов русского деревянного зодчества актуально в целях сохранения архитектурного наследия. Это позволит создавать в цифровом формате сложные архитектурные элементы и здания целиком, сохранив таким образом информацию о них, которую можно использовать для изучения, реконструкции и реставрации, эксплуатации объектов имониторинга их состояния. Также возникает необходимость в разработке методов BIM-моделирования таких объектов, т.к. изначально BIM-программы предназначены для моделирования объектов нового строительства.

Данное исследование рассматривает моделирование объектов русского деревянного зодчества на примере Успенской церкви в деревне Занина Байкаловского района Свердловской области [1]. Перед началом моделирования необходимо изучить исходную документацию, которая дает информацию об исходном состоянии объекта, современном состоянии объекта, истории строительства, исторический контекст, этапы существования и т.д. В качестве аналога процесса информационного моделирования памятников деревянного зодчества была рассмотрена методика моделирования Спасо-Зашиверской церкви [2]. Ее главное преимущество – заключается моделирование всего здания из отдельных элементов, что позволяет маркировать их и отслеживать состояние в общей модели [3].

Объекты русского деревянного зодчества представляют собой жилые постройки, культовые, хозяйственные и оборонительные сооружения. Все они объединены применением одних и тех же конструктивных и декоративных элементов, например, строительство зданий из бревен или брусьев, одна конструктивная основа (клеть или сруб), принципы строительства (функциональность и утилитарность) и декоративное убранство [4].

Моделирование Успенской церкви выполнено в программе Renga Professional. После нанесения размерной сетки, был установлен каменный цоколь, а затем уложены первые венцы, которые были размножены по вертикали. В полученный объем здания были размещены оконные и дверные проемы, которые позже были оформлены наличниками. Затем на каждый из объемов церкви была установлена крыша и главка. Все декоративные элементы смоделированы с помощью инструмента «Балка» (см. рисунок).



Рисунок. *План, фасад и 3D-вид модели церкви. Создано автором*

Результатом работы является информационная модель объекта культурного наследия церкви Успения Пресвятой Богородицы. Модель позволяет получить все виды чертежей и выполнять расчеты. Методика проектирования, в том числе, декоративных элементов, может применяться для других аналогичных объектов и для нового строительства. Таким образом, BIM-моделирование объектов деревянного зодчества – это процесс адаптации современного программного обеспечения к созданию исторических зданий и их элементов. Значение BIM-моделирования в данной области обусловлено использованием новых информационных технологий в сохранении и изучении русского деревянного зодчества, что открывает перспективы к более широкому применению этих возможностей при работе с культурным и историческим архитектурным наследием.

Литература

1. Церковь Успения Пресвятой Богородицы в Заниной. URL: http://temples.ru/card.php?ID=31058&print=1
2. ТалаповВ.В., Козлова Т.И. BIM в России: Зашиверская церковь //Информационно-аналитический портал ISICAD.2011 г. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14459&compage=3.
3. Аверина А. С., Захарова Г. Б. Особенности информационного моделирования деревянной церкви в комплексном проекте «Город ремесленников» // Актуальные проблемы архитектуры и дизайна: матер.Междунар.науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. Екатеринбург: УрГАХУ, 2026. С. 418-421.
4. Ащепков Е.А. Русское деревянное зодчество. Гос. изд-во Архитектуры и градостроительства, 1950.

УДК 626/627

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Базовой И.В., Черняков С.Р.

Научные руководители: канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В., канд. тех. наук, доц. Ахматова Н.П.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

baza60726@gmail.com

Гидротехнические сооружения (ГТС), такие как плотины, дамбы, портовые пирсы, волноломы и канализационные коллекторы, эксплуатируются в условиях постоянного воздействия агрессивных водных сред. Ключевым фактором их деградации является коррозионное и биологическое разрушение бетона. Согласно ГОСТ 31384-2017 [1], защита строительных конструкций от коррозии подразделяется на первичную (закладывается на стадии проектирования), вторичную (нанесение защитных покрытий на поверхность) и специальную (физико-химические методы снижения агрессивности среды). При высокой влажности (>75 %) или прямом контакте с водой незащищенный бетон подвергается интенсивному биоповреждению, проходящему IV степени: от поверхностного плесневого налета до шелушения, отслоения защитного слоя и критического поражения более 50-60 % конструкций.

Основные механизмы биоповреждений – химическое воздействие (выделение микроорганизмами органических кислот), биогенная кислотная коррозия (окисление сероводорода до H_2SO_4 в коллекторах), образование биопленок, механическое расклинивание гифами грибов, а также ферментативная деструкция. Для предотвращения коррозионного разрушения бетона, железобетона и конструкций из них могут быть предусмотрены следующие виды защиты: первичная, вторичная и специальная.

К первичной защите относятся применение бетонов, стойких к воздействию агрессивной среды, что обеспечивается выбором цемента и заполнителей, подбором состава бетона, снижением проницаемости бетона, применением уплотняющих, воздухововлекающих и других добавок, повышающих стойкость бетона в агрессивной среде, выбором арматуры или других материалов, соответствующих коррозионным характеристикам и условиям эксплуатации, а также соблюдением дополнительных расчетных и конструктивных требований при проектировании бетонных и железобетонных конструкций, в том числе обеспечением проектной толщины защитного слоя бетона и ограничением ширины раскрытия трещин.

Вторичная защита относится к поверхности бетона. В её основу входят лакокрасочные, в том числе толстослойные, покрытия поверхностей, оклеечная изоляция, обмазочные и штукатурные покрытия, облицовка или блочные изделия, уплотняющая пропитка поверхностного слоя конструкции химически стойкими материалами, обработка гидрофобизирующими составами и специальными препаратами – биоцидами и антисептиками. Вторичную защиту применяют, если защита от коррозии не может быть обеспечена мерами первичной защиты, и она требует дальнейшего повторения.

К специальной защите относятся различные физические и физико-химические методы и мероприятия, понижающие агрессивное воздействие среды (мероприятия, исключающие конденсацию влаги и понижающие концентрацию агрессивных веществ).

Процессы коррозии бетона и железобетона весьма многообразны и сложны. Только при ясном представлении механизма коррозионных процессов возможно обоснованное применение тех или иных способов повышения стойкости бетона и железобетона и выбор средств их защиты.

Литература

1. ГОСТ 31384-2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2017. 56 с.
2. ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.
3. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев Е.А. Гузеев. 1980.
4. ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. ГОСТ Р59873-2021 Методика определения критериев безопасности для декларируемых гидротехнических сооружений.
5. Смирнов С.С. Защита бетона гидротехнических сооружений от биокоррозии // Строительные материалы и конструкции / под ред. М.М. Андреева. Новосибирск: Изд-во СГУВТ, 2023. С. 112–118.

УДК 721.021.23

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СТАДИИ ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАДИЦИЙ

Берковский Ф.И., Зворыгина Ж.А., Марушко Б.Д.
Научный руководитель: асс. каф. ГГХ Максатова А.М.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия
f.berkovskij@sibstrin.ru, zh.zvorygina@sibstrin.ru, b.marushko@sibstrin.ru

На стадии эскизного проектирования проектные решения находятся в процессе утверждения и могут существенно меняться в зависимости от исходных данных и выбранного варианта [1]. В связи с этим применение технологий информационного моделирования (ТИМ) позволяет упростить работу с проектными вариантами, оперативно менять основные параметры модели и получать необходимые технико-экономические показатели.

Цель работы: показать, как упрощенная информационная модель помогает сравнивать эскизные варианты и готовить ТЭО при неполных данных, в том числе при реинтерпретации народной архитектуры, и сформировать состав модели для типового использования.

Основные задачи исследования это рассмотреть особенности эскизной стадии проектирования, связанные с неполнотой исходных данных и вариативностьюпроектных решений в соответствии с ГОСТ Р 57563-2017; определить состав и уровень проработки эскизной информационной модели в соответствии с

СП 333.1325800.2020; рассмотреть возможности информационной модели для пересчета и сравнения вариантов по площади, строительному объему, плотности застройки и ориентировочной стоимости [1]; определить роль технико-экономического обоснования как результата эскизного проектирования и рассмотреть способы учета неопределенности исходных данных; оценить возможности применения HBIM для систематизации региональных решений народной архитектуры и их использования при формировании эскизных вариантов [2,3].

На основеанализа научной литературы и нормативных документов, сравнительный анализ, типологический анализ, можно вывести следующий подход. По составу для эскизной модели достаточно участка, основных объемов, этажности, зонирования и основных ТЭП. Более глубокая детализация снижает вариативность и возможность смены проектного решения, каждое изменение затрагивает больше элементов и на это уходит больше времени, поэтому следует разделять геометрическую детализацию и достоверную информацию, а задавать уровень проработки следует исходя из полноты имеющихся данных. Изменение параметров такой модели позволяет быстро пересчитывать варианты и сравнивать их по строительному объему, плотности застройки и стоимости. При подаче показателей в ТЭО каждый показатель приводится со статусом подтвержденный или предварительный, это показывает какие значения не подлежат изменению, а какие сохраняют неопределенность в обосновании выбора решения, при этом подтвержденные значения опираются на исходные данные, а предварительные допущения, которые уточняются в процессе проекта. HBIM модель позволяет систематизировать типологию помещений, материалы и приемы народных построек. Данные признаки используются как параметры эскизных решений, поэтому форма реинтрепретируется, а не копируется. Это дает возможность сравнивать современные и народные решения в одной модели.

Полученный состав модели и подход к ТЭО можно использовать как основу для типовых составов эскизных моделей, что предположительно упростит процесс проектирования, также предлагается использовать ТИМ для систематизации народной архитектуры, для последующей реинтерпритации. Следующим этапом исследования предлагается проверка подхода на проектных примерах с сопоставлением вариантов.

Литература

1. Abualdenien J., Schneider-Marin P., Zahedi A. et al. Consistent Management and Evaluation of Building Models in the Early Design Stages // Journal of Information Technology in Construction. 2020. Vol. 25. P. 212-232. DOI: 10.36680/j.itcon.2020.013.
2. Fai S., Filippi M., Paliaga S. Parametric Modelling BIM for the Documentation of Vernacular Construction Methods: A BIM Model for the Commissariat Building, Ottawa, Canada // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2013. Vol. II-5/W1. P. 115-120.
3. Oreni D., Brumana R., Georgopoulos A., Bregianni A. et al. H-BIM Applications for Vernacular Architecture: A Historic Rural House Case Study in Bursa, Turkey // Engineering, Construction and Architectural Management. 2023. Vol. 30. No. 9. P. 3997-4017.

УДК 711.4:004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕШЕХОДНОЙ АКТИВНОСТИ И ПЛАНИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)

Богородская Д.Р., Плешкова В.И.
Научный руководитель: ассистент кафедры ГГХ Максатова А.М.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия
bogorodskayada@gmail.com, pleshkova.vikich@mail.ru

Актуальность. В российских городах больше внимания уделяют благоустройству: важны комфорт, безопасность и внешний вид общественных пространств [1]. Качество среды оценивают по наблюдениям и опросам, что долго [2]. Искусственный интеллект (ИИ) умеет обрабатывать видео и собирать данные для проектирования [3]. Для городов Сибирского федерального округа (СФО) тема особенно важна: долгая зима влияет на пешеходную активность. Однако способы ИИ для анализа пешеходных пространств пока уступают тем, что применяют люди, и неясно, какие показатели среды можно получать автоматически.

Цель – понять, как использовать ИИ для оценки пешеходной активности и планировочных характеристик городской среды на примере городов СФО.

Задачи: 1) изучить методы ИИ для обнаружения объектов на изображении и видео; 2) выяснить, какие показатели пешеходной активности они дают; 3) определить, как применять ИИ при проектировании общественных пространств СФО.

Методы. Для городов СФО использованы анализ научной литературы (российской и зарубежной), сравнение методов компьютерного зрения и изучение нормативных документов [4, 5].

Результаты. Рассмотрены метод скользящего окна и сверточные нейронные сети: они отличаются скоростью и точностью [6]; разобран пример автоматического сбора данных о пешеходах [3]. В работах пешеходную активность делят на основную (ходьба, бег, сидение, стояние) и дополнительную (общение, покупки, игры, спорт) и по ней судят об эффективности пространства [1, 7]. Результаты автоматического обнаружения (число людей, положение, время) можно сопоставить с показателями активности и характеристиками среды (см. рисунок), что позволяет оценивать проектные решения [4, 5]. В СФО показатели стоит смотреть с учётом сезона.

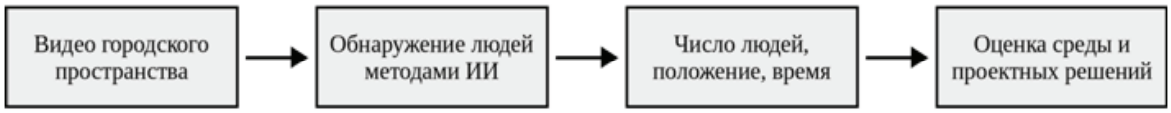


Рисунок. *Схема оценки пешеходной активности с помощью ИИ. Разработано авторами*

Выводы. По итогам исследования: 1) для обнаружения объектов используют метод скользящего окна и сверточные сети, выбор зависит от того, что важнее – скорость или точность [6]; 2) показатели, которые в архитектуре считают вручную (число людей, статичная и динамичная активность, распределение по времени), можно получать автоматически [1-3]; 3) ИИ помогает принимать обоснованные решения по общественным пространствам СФО при учёте сезонности [4, 5].

Литература

1. Вагнер Е.А. Принципы формирования архитектурной среды общественных пешеходных пространств в контексте сложившейся городской застройки: автореф. дис. … канд. архитектуры: 05.23.20. Нижний Новгород, 2018.
2. Gehl J., Svarre B. How to Study Public Life. Washington, DC: Island Press, 2013.
3. Li S., Sayed T., Zaki M., Mori G., Stefanus F., Khanloo B., Saunier N. Automated Collection of Pedestrian Data through Computer Vision Techniques // Transportation Research Record. 2012. Т. 2299. №1. С. 121-127. DOI: 10.3141/2299-13.
4. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
5. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования.
6. Хурсов П.С., Искра Н.А. Алгоритмы детекции объектов для анализа изображений. Минск: БГУИР. С. 128-129. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/37064/1/Khursov_Algoritmy.pdf.
7. Вагнер Е.А. Комплексный потенциал и оценка эффективности функционирования архитектурной среды общественных пешеходных пространств в контексте сложившейся городской застройки // Урбанистика. 2017. №1. С. 35-50. DOI: 10.7256/2310-8673.0.0.22465.

УДК 691.002.8:004

ЦИФРОВОЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ КАК УСЛОВИЕ РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Брусенцов А.И.
Научный руководитель: доц. Уморина Ж.Э.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
umorina87@yandex.ru

В 2023 году в России из 97 млн т строительных отходов, было переработано только 12.3 млн т, т.е менее 13% [1]. Такой разрыв с показателями стран, где рециклинг находится в районе 90%, обычно объясняют экономикой и недостатком перерабатывающих мощностей [2]. Это объяснение неполно. Переработка требует не только дробильного оборудования, но и знание о материале, нужно понимать, что это, где он расположен, чем соединён с соседними элементами, сколько его, нет ли каких-то опасных включений. К моменту сноса таких знаний уже обычно нет. Здание разбирают как попало, и разнородные материалы в итоге едут на полигон единым потоком. Цель работы – показать, что ресурсный потенциал здания определяется не технологией сноса, а наличием данных о его составе, а также определить условия формирования таких данных.

Вся нужная информация содержится в информационной модели здания на стадии проектирования: номенклатура, материалы, объём, расположение элементов, характеристики соединений и др. Проблема в том, что через пять десять лет, когда возникает потребность в этих данных, тогда как жизненный цикл модели обрывается вместе со стадией рабочей документации. Цифровой паспорт здания – это, по сути, база данных, которая содержит всю информацию о конструктивных элементах здания и материалах. Паспорт создается на основе его информационной модели и постоянно обновляется, пока здание находится в эксплуатации. Благодаря этому, строительные материалы после сноса здания можно рассматривать не как отходы, а как ресурсы для будущего использования. В европейской практике разработали концепцию, основанную на проекте Buildings As Material Banks. Дальнейшие исследования показали, что паспорта можно использовать как инструмент извлечения ценности из материалов [3] и проектной оптимизации, позволяющий сопоставлять варианты конструктива по потенциалу переработки ещё до начала строительства [4].

Паспорт меняет саму постановку проектной задачи. Дело не в том, из чего сделан материал, а в том, как он соединен: элемент на болтовом или сухом соединении можно вынуть, а тот же элемент в монолитном узле или на клею уже не получится извлечь. Пригодность к повторному использованию определяется соединением, а не природой материала. Таким образом, разборность является проектным свойством, которое фиксируется в паспорте и закладывается в чертеже. Из этого следует, что решения, принятые на стадии проекта, определяют ресурсосбережение, а паспорт служит единственным носителем этой информации во времени.

Для реализации в России задача распадается надвое. При проектировании новых объектов паспорт интегрируется в действующую систему информационного моделирования в качестве самостоятельного раздела, который включает в себя такие параметры, как номенклатура, объёмы, тип соединения, класс опасности, потенциал переработки. Данные уже были собраны при проектировании и поэтому издержки будут минимальные. Однако для существующего фонда, сформированного до внедрения цифровых технологий, паспорта нет и ретроспективно его не восстановить в полном объёме, поэтому здесь применимо предпроектное обследование состава перед сносом с занесением результатов в ту же структуру данных. Несмотря на более высокую стоимость, именно второй подход очень важен, т.к именно существующий фонд дает основную массу отходов

Главная проблема рециклинга сегодня не только в не достатке технологий, но и в информационном разрыве между этапами проектирования и демонтажа. Цифровой паспорт здания решает эту проблему, превращая информационную модель из инструмента стадии в долговременный кадастр материалов. Следующим шагом станет определение оптимального набора данных для такого паспорта и его тестирование на объектах массовой застройки.

Литература

1. В России перерабатывается менее 13 % строительных отходов // Ведомости. 2024. 13 декабря. URL: https://www.vedomosti.ru/esg/ecology/news/2024/12/13/1081287-v-rossii-pererabativaetsya-menee-13-stroitelnih-othodov.
2. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. №2. 02RRO216.
3. Luscuere L.M. Materials passports: optimising value recovery from materials // Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management. 2017. Vol. 170. №1. P. 25–28.
4. Honic M., Kovacic I., Rechberger H. Improving the recycling potential of buildings through Material Passports (MP): an Austrian case study // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 217. P. 787–797.

УДК 004.8:72.01

ЦИФРОВАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЯ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ

Вялков Е.А.

Научный руководитель: ст. преп. Дар В.В.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
egorw2005@gmail.com

Архитектурное пространство воспринимается человеком через совокупность геометрических характеристик, зрительного образа, сенсорных и пространственных факторов, включая звук, материал, цвет и свет, которые участвуют в формировании архитектурной атмосферы [1, 2]. Развитие генеративного искусственного интеллекта открывает возможности для оперативного создания и модификации архитектурных объектов. Ряд научных исследований уделяют основное внимание техническим аспектам использования искусственного интеллекта в архитектурном проектировании: анализ, адаптация и оптимизация под климат, функцию или участок [3, 4]. Часть архитекторов высказывает опасения о негативном влиянии внедрения искусственного интеллекта в процесс проектирования. В то же время широкое применение этих инструментов позволяет рассматривать искусственный интеллект не только как инструмент технической оптимизации, но и как потенциальный инструмент проектирования архитектурной среды.

Автором проведено исследованиепо применению генеративного ИИ для изменения архитектурных характеристик с целью влияния на чувственное восприятие пространства. Предполагается, что изменение отдельных архитектурных приемов с сохранением общего замысла объекта посредством генеративного ИИ приводит к значительным изменениям эмоциального восприятия данного архитектурного пространства. Для проведения эксперимента был взят фрагмент жилого квартала «Lucky», построенного в Москве в 2019 г. по проекту бюро «Меганом» [5]. Способом связи между характеристиками среды и ее восприятием человеком стал методологический аппарат и психометрические инструменты, разработанные Альбертом Меграбяном и Джеймсом Расселом для перевода ощущений от пространства в измеримые данные [6]. Был сформирован следующий запрос для ChatGPT с приложением исходного изображения жилого квартала «Lucky»: «Какими архитектурными приемами можно добиться, чтобы люди, находясь в этой архитектурном пространстве, чувствовали больше «удовольствия» (pleasure), меньше «возбуждения» (arousal), а уровень «ощущения контроля» (dominance) остался прежним»? По полученным рекомендациям исходное изображение было отредактировано с помощью нейросети Nanobanana Pro. Двум группам людей было предложено оценить чувства, которые они могли бы испытывать находясь в данном пространстве, причем первая группа, состоявшая из одиннадцати человек, видела только исходное изображение, а вторая группа из двенадцати человек, только отредактированное.

В ходе исследования было проведено сравнение эмоционального восприятия исходного и модифицированного изображений жилого квартала «Lucky» с использованием адаптированного 12-пунктового анкетирования на основе модели PAD Мехрабиана и Рассела. Средняя оценка «удовольствия» составила 4,68 балла для исходного изображения и 4,54 балла для модифицированного; «возбуждения» – 3,34 и 3,17 балла соответственно; «ощущения контроля» над пространством – 3,30 и 3,48 балла.

Автором отмечено небольшое снижение уровня «удовольствия» и «возбуждения», а также небольшое повышение «ощущения контроля» над пространством. Понижение уровня «возбуждения» соответствует первоначальной гипотезе, тогда как изменения уровней «удовольствия» и «ощущения контроля» не соответствуют ожидаемой реакции. Вместе с тем статистически значимых различий между группами не выявлено (во всех случаях $p > 0,05$). Полученные данные не позволяют утверждать, что внесенные архитектурные изменения закономерно влияют на эмоциональное восприятие пространства, и указывают на необходимость дальнейшего исследования с увеличением выборки и уточнением экспериментального дизайна.

Литература

1. Цумтор П. Атмосферы. Москва: Кучково поле, 2024.76 с.
2. Бёме Г. Атмосфера как фундаментальное понятие новой эстетики // Metamodern: интернет-журнал о метамодернизме. 2018. URL: https://metamodernizm.ru/atmosphere-and-a-new-aesthetics/
3. Иноземцева И. Нейросети в архитектурном проектировании и дизайне // электрон. журн.Architect4U. 2024 URL: https://www.architect4u.ru/articles/nejroset-v-arhitekture-dizajne.html
4. Акшов З.А. Использование вычислительного проектирования искусственного интеллекта при моделировании архитектурных объектов // Architectur eand Modern Information Technologies. 2023. №2(63). С. 298-315.
5. Тарабарина Ю. Жилой квартал Lucky // Archi.ru. URL: https://archi.ru/projects/russia/14630/zhiloi-kvartal-lucky
6. Mehrabian A., RussellJ.A. An Approach to Environmental Psychology.Cambridge, MA: MIT Press, 1974 266 p.

УДК 338.4

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОДУЛЬНЫХ ОТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Гарейшин Э.А.
Научный руководитель: д-р экон. наук, проф. Овсянникова Т.Ю.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия
dew47749@gmail.com

Арктическая зона Российской Федерации обладает уникальным туристическим потенциалом, однако развитие инфраструктуры сдерживается экстремальными условиями строительства: короткий строительный сезон, многолетнемерзлые грунты, строительство на которых имеет особые требования к фундаментам, сложная логистика, зависящая от погодных условий, а также хрупкие экосистемы и наличие особо охраняемых природных территорий. В существующих реалиях, с учетом факторов цифровизации и технологической модернизации строительной отрасли, модульные средства размещения туристов становятся стратегическим решением, обеспечивающим сочетание экономической эффективности с экологической безопасностью Арктики.

Цель работы – выявление преимуществ и возможностей применения технологий модульного строительства для развития туристской инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации.

Согласно исследованиям [1–3] модульное строительство в настоящее время является одной из наиболее экономически эффективных технологий в условиях Крайнего севера. Прежде всего это связано с перераспределением бюджета на создание объекта: больше половины затрат приходится на заводское производство, в отличие от классического капитального строительства. Затраты на логистику в модульном строительстве остаются высокими, т.к. транспортирование готовых объёмных модулей в арктическую зону – трудоемкий и дорогой процесс. Однако стоимость и объем строительно-монтажных работ на самой площадке существенно снижаются. Минимизация «мокрых» процессов и потребности в работе тяжелой техники позволяет сократить финальную сборку на месте до 1–2 месяцев, что имеет решающее значение в туристической отрасли. В результате инвестор получает готовый объект и запускает бизнес в рамках одного туристического сезона.

При реализации инвестиционных проектов по строительству модульных средств размещения в туристской отрасли арктических регионов присутствуют системные риски, связанные с природно-климатическими и инфраструктурными факторами. Управление эффективностью таких проектов должно быть нацелено на нивелирование вышеуказанных рисков и включать три основных направления:

– технологический менеджмент: максимальная заводская готовность блоков, прецизионная точность которых обеспечивается за счет применения технологий информационного моделирования, технологии термостабилизации грунтов, автономизация систем жизнеобеспечения;

– логистический менеджмент: жёсткое планирование производства и доставки модулей в сезонное окно; финансовое резервирование на случай непредвиденных логистических обстоятельств;

– финансовый менеджмент: статус резидента Арктической зоны РФ даёт налоговые льготы и право на субсидирование части затрат, а национальный проект «Туризм и гостеприимство» предусматривает софинансирование создания модульных некапитальных средств размещения со стороны государства [4, 5].

Модульный метод открывает реальную возможность для быстрого создания качественной туристической инфраструктуры без необратимого ущерба для хрупкой экосистемы арктического региона. Перенос основных работ в заводские цеха позволяет обойти ограничения короткого полярного лета и защитить уязвимые ландшафты от антропогенного воздействия. Несмотря на сложную логистику и технологические ограничения государственные преференции и налоговые льготы делают такие проекты коммерчески устойчивыми.

Литература

1. Абрамян С.Г., Черешнева Н.В., Оганесян О.В., Честнова А.В., Черешнев Л.И., Петросян Р.О. Особенности строительства зданий и сооружений из объемных блоков-модулей в условиях Крайнего Севера // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. № 1(94). С. 102–114. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_102.
2. Варич Э.С., Михеев Г.В., Антипин П.А., Шендрик Н.А., Пелипенко А.П., Суслов Д.С. Технологии строительства модульных зданий в условиях Крайнего Севера // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 1. С. 26.
3. Noskov I.S., Borozdina S.M. Development of a Unified Methodology for Assessing the Choice of Construction Type in the Arctic Based on the Aggregate Economic Effect of Key Regional Construction Parameters // Real Estate: Economics, Management. 2025. No. 4. P. 51–56.
4. Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики. Арктическая зона Российской Федерации. URL: https://erdc.ru/about-azrf
5. Национальный проект «Туризм и гостеприимство». URL: https://национальныепроекты.рф/new-projects/turizm-i-gostepriimstvo

УДК 721.01:004.9.

ЭВОЛЮЦИЯ ПАРАДИГМ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ МЕГАПРОЕКТОВ

Гольдберг Ю.И.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

uigoldberg@gmail.com, i.n.maltceva@urfu.ru

С 2017 года показатель по высотному строительству (более 200 метров) увеличился в два раза. Лидерами на рынке являются Китай, США, Индия и ОАЭ. Качественный и количественный скачок связан с развитием ТИМ технологий и их внедрением в комплексное сопровождение объектов: от проектов до сдачи в эксплуатацию [1].

Основной целью исследования является анализ зарубежных практик для выявления эволюции парадигм цифрового сопровождения проектов. На примере трех мегапроектов: штаб-квартира CCTV (Пекин), многофункциональный комплекс One ZA'abeel (Дубай) и отель Marina Bay Sands (Сингапур), – рассмотрим зависимость совершенствования инженерно-архитектурного подхода и интеграции ТИМ инструментов. Эти 3 объекта отличаются друг от друга архитектурными решениями: конструкция состоит из 2-х или 3-х небоскребов, объединенных горизонтальным элементом. Ключевым отличием является характер подвесного элемента [2]. В CCTV элемент полностью консольно висит и замыкает трехмерную замкнутую конструкцию, в One ZA'abeel мост удерживает башни в проектном положении, в Marina Bay Sands горизонтальный элемент опирается на 3 башни комплекса и является подвижным. Сложное архитектурно-инженерное решение требует создания нового подхода в его проектировании. В данном случае горизонтальные элементы всех трех мегапроектов имеют разный характер, что задает свои конструктивные неопределенности и методики их расчета. Каждый новый вызов требует не только создания новой конструктивной модели, но и парадигмы цифрового сопровождения.

Проекты начинали строиться в различные этапы развития ТИМ, поэтому степень интеграции модели в рабочую среду отличалась. Сегодня ТИМ превратились из расчётного инструмента в полноценную инфраструктуру объекта [3, 4]. В состав такой среды могут входить: 4D-модель, оцифрованные данные с площадки (собранные дронами), синхронизированный календарный график и единое коммуникационное пространство (см. таблицу).

Таблица. Сравнительный анализ цифрового сопровождения мегапроектов

Критерий для сравнения	**CCTV Пекин, Китай (2004-2009 гг.)**	**Marina Bay Sands, Сингапур, Сингапур (2006-2010 гг.)**	**One ZA'abeel, Дубай, ОАЭ (2016-2024 гг.)**
Парадигма	Верификационная (частичное использование ТИМ-инструментов, расчетные инструменты не образуют единой информационной среды).	Координационная (собственное ПО по конвертации модели проекта, а также непрерывная работа глобальной команды в одном цифровом пространстве).	Операционная (интеграция оцифрованного реального объекта в единую модель проекта).
Роль ТИМ	Создание модели и расчетной схемы.	Среда проекта (круглосуточная работа над моделью с 3-х континентов).	Инструмент полного управления проекта (применение 4D модели, что позволило предотвратить коллизии в реальном времени).
Ключевые инструменты	TSCIM, Tekla (Xsteel), мониторинг температурных изменений.	Bentley Structural Modeler, Tekla (Xsteel).	Tekla (Xsteel), SYNCHRO (4D пространство).

Таким образом, кросс-анализ показал, что эволюция применения ТИМ в уникальном строительстве обусловлена не только внедрением нового программного обеспечения, но и изменением характера использования этих технологий. Формирование единого информационного пространства позволяет сократить сроки строительства, что имеет прямое экономическое выражение. Кроме того, открываются возможности для создания уникальных архитектурных объектов, выступающих градостроительными доминантами и визитной карточкой города.

Литература

1. Смирнов И.В. Экономический эффект от высотного строительства // Альманах Крым. 2024. № 44. С. 61-73. EDN YCTIAW.
2. Salman N., Hamadeh M. The Integration of Virtual Design and Construction (VDC) With the Fourth Dimension of Building Information Modeling (4D BIM) // International Journal of BIM and Engineering Science. 2023. Vol. 7, No. 1. P. 8-27. DOI 10.54216/ijbes.070101. EDN TIXCGY.
3. Digital Construction through BIM Systems will Drive the Re-engineering of Construction Business Practices. Visualisation, 2008 International Conference. DOI:10.1109/VIS.2008.22
4. Carlos Alejandro Diaz Schery, Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado, Eduardo Thadeu Corseuil, Hugo Neves, Bridging BIM maturity with emerging paradigms: understanding the role of industry 4.0 and sustainability in the digital transformation of construction, Construction Innovation: Information, Process, Management, Volume 26, Issue 7, 2026, Pages 2284-2343, ISSN 1471-4175, https://doi.org/10.1108/CI-10-2024-0305.

УДК 004.9:69

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ АТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Греков О.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

grekov05@inbox.ru

Цифровая информационная модель (ЦИМ) содержит не только геометрию здания, но и данные об объектах, которые используются при расчетах, подготовке ведомостей и обмене информацией между участниками проекта. Поэтому важно, чтобы свойства элементов ЦИМ были заполнены полностью и корректно. На практике встречаются отсутствующие и пустые параметры, ошибочные типы данных и значения, не соответствующие установленным требованиям. Это затрудняет дальнейшую автоматизированную обработку модели [1, 2]. В СП 333.1325800.2020 рассматриваются требования к составу данных ЦИМ и вопросы ее верификации и валидации. В работе предлагается автоматизировать предварительную проверку атрибутивных данных непосредственно в среде моделирования. Цель работы – разработать концепцию программного средства для контроля заполнения атрибутивных данных ЦИМ общественного здания в Renga. Требования для проверки предлагается хранить отдельно от программного кода [3, 4]. Для каждого из них задаются источник (документ или нормативный акт, из которого взято конкретное требование к заполнению атрибутивных данных ЦИМ), тип объекта, проверяемое свойство, тип данных, условие применения, допустимое значение или диапазон и правило проверки. Тогда библиотеку требований можно будет дополнять без изменения основной логики программы.

Схема работы предполагается следующая. Пользователь открывает проект в Renga и запускает внешнюю программу на Python. Через Renga API она подключается к открытому проекту и получает объекты и их свойства. API Renga основан на технологии объектной модели компонентов и допускает работу с данными модели из приложений на Python. Далее программа определяет применимые правила и проверяет наличие нужного свойства, его заполненность, тип данных и значение. На первом этапе планируется проверять помещения, двери, лестницы и пандусы. Для унификации они сопоставляются с классами IFC: IfcSpace, IfcDoor, IfcStair и IfcRamp.

Для каждого правила предлагается формировать паспорт требования – структурированное описание проверки [5]. В нем указываются источник требования, область применения, проверяемый параметр, единица измерения, допустимое условие и порядок проверки. При этом правило применяется только к тем элементам, для которых выполнены заданные условия. Например, часть требований зависит от назначения объекта. В ходе контроля могут выявляться разные ошибки: свойство отсутствует, значение не заполнено, указан неверный тип данных, число выходит за допустимые границы или значение не входит в разрешенный перечень. Такой подход позволит расширять прототип без добавления отдельной проверки в код для каждого нового требования.

По итогам проверки предполагается формировать отчет, где для каждой ошибки указываются элемент модели, параметр, фактическое значение, требуемое условие и способ исправления. Некоторые свойства можно заполнять автоматически, но только если нужное значение однозначно определяется по данным модели. Если данных недостаточно или требуется решение проектировщика, программа должна сообщить о проблеме либо предложить вариант для подтверждения пользователем. Таким образом, автоматическое заполнение не подменяет принятие проектных решений. Разрабатываемый инструмент не предназначен для полного автоматического нормоконтроля ЦИМ. Его задача – проверить готовность атрибутивных данных ЦИМ к дальнейшему машинному использованию. Следующим этапом станет создание прототипа и его испытание на тестовой модели Renga с заранее внесенными ошибками. Это позволит оценить полноту их обнаружения и наличие ложных срабатываний. Проверка выполняется непосредственно в исходной модели Renga, поэтому обязательный экспорт в IFC перед каждым запуском не требуется.

Литература

1. Широкова В.С., Петроченко М.В., Мелехин Е.М. Методика аудита информационной модели здания для оценки реализации сценариев использования // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 4. С. 569–583. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.4.569-583.
2. Криони И.Н. Обеспечение качества BIM-моделей в автоматизированном проектировании с использованием формата IFC // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4 (85). С. 56–63. EDN: UHVJJU.
3. Макиша Е.В. Анализ методов перевода требований нормативно-технической документации в машиночитаемый формат для проверки информационных моделей строительных объектов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7, № 2 (25). С. 339–349. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.25.2.028.
4. Крылов А.Д. Машиночитаемые документы в стандартах по информационному моделированию в строительстве // Вестник НИЦ «Строительство». 2023. № 2 (37). С. 151–158. DOI: 10.37538/2224-9494-2023-2(37)-151-158.
5. Семенов В.А., Аришин С.В., Зорин Е.М., Морозов С.В. Машинно-интерпретируемый формат IDS++ для спецификации и верификации требований в строительной отрасли: идея, концепция, реализация // Труды Института системного программирования РАН. 2026. Т. 38, вып. 4, ч. 1. С. 201–224. DOI: 10.15514/ISPRAS-2026-38(4)-11.

УДК 721.001

СВЕТОТЕНЬ И ДИНАМИКА ПОДСВЕТКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дарюхина Е.Д, Колмаков А.В.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, г. Екатеринбург, Россия

elizavetadaryuhina@yandex.ru, kolmakov_av@mail.ru

Проектированием световой среды занимаются значительное количество специалистов, но полный цикл (от проектирования до монтажа оборудования) охватывают немногие. На сегодняшний день практически разрешены проблемы, связанные с расчетом и подбором осветительного электрооборудования [1]. Зачастую одни и те же специалисты занимаются как техническими задачами, так и вопросами, связанными с разработкой художественной концепции подсветки зданий и городских пространств в темное время суток. При этом специалисты технического профиля, как правило, не имеют чувства композиции. В такой подсветке не наблюдаются изящные решения – удачное сочетание утилитарных и художественных качеств.

Для представления идеи подсветки необходима качественная визуализация. Без использования современных программных продуктов (далее ПП), в полной мере показать все богатство работы света невозможно. По результатам опроса представителей фирм, занимающихся продажей осветительного оборудования и проектирования подсветки зданий, представленных на «Форум 100+» в Екатеринбурге в 2025 г., выяснилось, что в основном специалисты используют профессиональное программное обеспечение (далее ПО) фирм, ушедших из РФ или приостановивших поставки вследствие начала СВО: «Autodesk 3ds Max», «V-Ray». Несмотря на отсутствие определенных игроков на рынке, проектировщики стараются использовать ПП со свободным распространением. Исключая «пиратское» использование, идею художественной подсветки можно визуализировать посредствам использования нескольких ПП: создание сцены – «SketchUp»; расстановка светильников и создание изображений – «Twinmotion»; улучшение созданных изображений – «Алиса AI».

При использовании данной схемы, в качестве примера, была создана модель микрорельефа для украшения фрагмента фасада здания (см. рисунок). Важно отметить, что переход на смешанное использование программ требует от проектировщиков дополнительных навыков координации между разными инструментами: экспорт 3D-моделей, согласование систем координат, передача параметров светильников и материалов. Нередко возникают расхождения в отображении светотени и цветовых оттенков при переносе сцен из одной среды в другую. Использование этого подхода связано с развитием и наращиванием компетенций в области межпрограммной интеграции, а также с поиском отечественных аналогов, способных закрыть наиболее критичные функциональные пробелы. Наблюдая стремительное развитие IT-технологий и запросы светотехнической отрасли, можно предположить, что вскоре на базе одного из существующих ПП будет сформирована устойчивая и независимая экосистема проектирования световой среды, сочетающая точность инженерных расчётов и богатого функционала, позволяющего точно отобразить художественную выразительность авторского замысла.

Несмотря на всю успешность использования алгоритмов моделирования, участие человека остаётся ключевым фактором в формировании художественных образов и принятии финальных проектных решений.

В своей работе проектировщик не только учитывает и выполняет технические задачи с помощью алгоритма (поведение людей, их движение, формирование точек притяжения, создание достаточного уровня освещенности), но и пользуется чувством композиции для создания высокохудожественных решений.

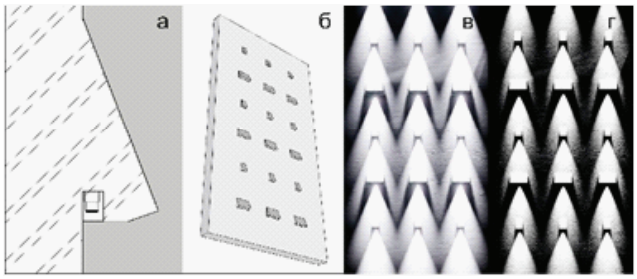


Рисунок. Схема порядка действий: а – разрез микрорельефа, выполненный в SketchUp; б –готовая модель, выполненная в SketchUp; в – рэндер, выполненный в Twinmotion; г –рэндер, улучшенный в Алисе AI

Литература

1. Богданов А. Д., Солопов Р. В. Сравнительный анализ расчёта систем освещения различного типа на базе общественных помещений // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12, № 3.

УДК 721.012.8

АРХИТЕКТУРНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛЯРНОГО КЛИМАТА

Дмитриева П.А.
Научный руководитель: ст. преп. Дар В.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
polyadm9@gmail.com

На основе анализа практического опыта регионов с выраженной сезонностью, территорий за полярным кругом и с резкими перепадами температур можно заключить, что фасад здания, способный поглощать солнечную радиацию, становится инструментом климатической адаптации. Данный фасад в холодный период аккумулирует тепло и снижает теплопотери, а в теплый – работает совместно с системами вентиляции и затенения. Солнечная энергия становится дополнительным ресурсом. Возьмем в качестве мирового примера: Solsticeon the Park, 26-этажный жилой комплекс, расположенный в историческом районе Гайд-парк в Чикаго. Панели остекления установленыпод оптимальным углом 72° (широта Чикаго). Такое инженерное решение работает как пассивный климат-контроль (см. рисунок): зимой конструкция максимально пропускает низкие солнечные лучи, обеспечивая естественный прогрев квартир. Летом грани фасада создают тень, снижая нагрев помещений и сокращая расходы на кондиционирование.

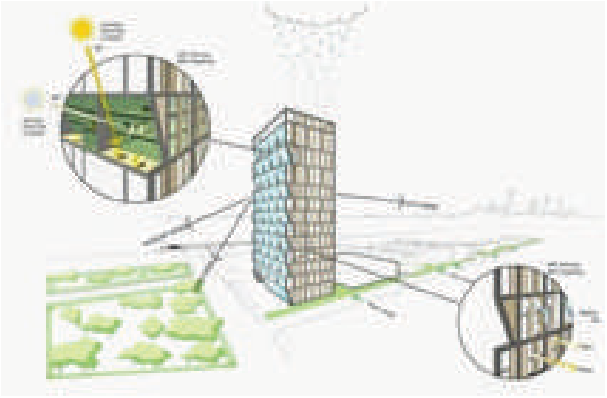


Рисунок. *Взаимодействие фасада и солнца здания SolsticeonthePark, Чикаго*
URL: https://architizer.com/projects/solstice-on-the-park/

На примере инверсии (переворота) чикагского опыта переходим к отрицательному наклону остекления наружу для улавливания сверхнизкого северного солнца, для примера возьмем Мурманск, крупнейший город в мире за полярным кругом, широта 68,97° с.ш. Рассчитаем параметры для середины марта, когда солнце после полярной ночи уже активно светит, но на улице все еще стоит зимний мороз. В физике, как и в архитектуре идеальным считается условие, когда солнечные лучи падают на стекло строго перпендикулярно (под углом 90° к поверхности стекла). Коэффициент отражения равен нулю, проникает 100% солнечного тепла и света.

Расчет параметров для Мурманска:

1. Расчет высоты солнца над горизонтом (на 15 марта). а = 90° – 68,97° (широта) – 2° (склонение солнца в середине марта) = 19°. Таким образом, полуденное солнце в марте светит очень низко – под углом 19° к земле.

2. Расчет угла наклона стекла (от вертикали и горизонтали). Чтобы луч, летящий к земле под углом 19°, встретил стекло под углом 90°, само стекло должно быть наклонено «лицом» к земле (верхняя часть окна выступает вперед, на улицу). В – угол относительно горизонтальной земли: В = 90° + а = 90° + 19° = 109°.Y – угол наклона наружу от вертикальной стены: Y = 90° - 19° = 71° (относительно горизонтали внутри комнаты) или 19° наклона наружу от вертикали [1].

В северных регионах при наклоне окон наружу геометрия здания превращается в ловушку для осадков, если не предусмотреть защитные механизмы. Предложение автора – скрытый климатический буфер (двойной фасад). Необходимо спроектировать двойной наклонный контур остекления. Внешнее наклонное стекло защищает от ветра и снега, а внутреннее формирует теплую контурную стену квартиры. Между контурами образуется воздушный буфер шириной 40–60 см. Зимой зона работает как теплица: воздух в ней прогревается солнцем и выполняет функцию теплоизолятора. В межоконной зоне можно разместить автоматические жалюзи, которые будут закрываться в полярную ночь, изолируя дом от мороза.

Предложенная концепция двойного наклонного контура с буферной зоной шириной 40–60 см формирует многофункциональный климатический барьер: в дневное время буфер работает как пассивный теплоаккумулятор, ночью – как изолирующий контур за счет автоматических жалюзи. Решение сочетает архитектурную адаптацию к ветровым и снеговым нагрузкам с ресурсосберегающими принципами, что повышает энергоэффективность здания в экстремальных условиях.

Литература

1. Пандул И. С. Астрономические определения по Солнцу для географов, геологов и топографов // Практическое руководство. М.: Недра, 1983. 129 с.

УДК 725+004.9

СВЯЗЬ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВА И МЕДИАДИЗАЙНА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Дресвянкина В.Д., Чшиева Д.Т.
Научный руководитель: канд. тех. наук, асс. Ермакова Е.В.
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия
1132233583@rudn.ru, 1132237639@rudn.ru, ermakova-ev@rudn.ru

Медиадизайн в современной архитектуре утрачивает роль исключительно декоративного элемента, становясь ключевым фактором, определяющим конфигурации общественных зданий. Интеграция интерактивных панелей, приложений дополненной реальности (AR) и иммерсивных сред формирует гибридную среду, в котором физическая оболочка и цифровой контент находятся в состоянии непрерывного симбиоза. Данное исследование представляет собой обзор подходов к внедрению медиатехнологий в общественных пространствах [1]. Перед авторами стоит задача изучить варианты интеграции медиасистем в современных пространствах общественных зданий и определить, каким образом эти решения могут быть применены. Настоящая статья опирается на анализ реализованных кейсов, демонстрирующих разные подходы к встраиванию медиатехнологий в архитектуру.

Использование таких технологий решает множество проблем, связанных с современным строительством. Во-первых, это проблема функциональной ограниченности общественных пространств: традиционное здание фиксирует определенный сценарий использования, тогда как интерактивные конструкции и поверхности позволяют одному и тому же пространству обслуживать разные задачи [2]. Мобильные перегородки и складные стены обеспечивают гибкость, необходимую для максимального использования различных пространств. Такая адаптивность не только улучшает использование пространства, но и позволяет находить эффективные и практичные решения для различных задач.

Во-вторых, современный этап развития общества характеризуется высокой степенью урбанизации и увеличением времени, проводимого человеком в закрытых помещениях [3–5]. Медиатехнологии предлагают свои варианты решения данной проблемы: кинетические фасады, регулирующие инсоляцию и климат внутри здания, а также динамическое освещение, определяющее наилучший сценарий освещения в зависимости от времени суток.

В-третьих, стоит отметить экологический аспект проблем строительной отрасли. В настоящий момент остро стоит вопрос повышенного энергопотребления зданий, находящихся в эксплуатации. Специалисты предлагают множество инновационных решений: снизить энергопотребление позволяет замена активных систем кондиционирования или отопления на встроенные охлаждающие каналы, технологии для применения тепловой энергии медиафасадов [6].

Анализ реализованных проектов подтверждает, что наибольшая архитектурно-художественная и функциональная эффективность достигается при комплексной интеграции медиатехнологий на ранних этапах проектирования с учетом инсоляции, фасадных конструкций и контекста среды. В качестве перспективного направления для исследований выделяется трансформация пространств, способность к адаптации позволяет зданию морально не устаревать на протяжении долгого времени, менять функции без капитального ремонта и гибко реагировать на запрос общества.

Литература

1. Беленя И.М. Архитектура фасадов современных общественных зданий в аспекте устойчивого развития //Экономика строительства. № 3. 2023.С. 62-72.
2. Быстрова Т.Ю. Философия дизайна: учеб.-метод. пособие / 2 е изд., перераб. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.
3. Hans Joachim (John) Schellnhuber, Ansa Heyl. Global construction carbon footprint set to double by 2050 // International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2025. URL: https://iiasa.ac.at/news/oct-2025/global-construction-carbon-footprint-set-to-double-by-2050
4. Wyon DP. The effects of indoor air quality on performance and productivity. Indoor Air. 2004;14 Suppl 7:92-101. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00278.x
5. Media Architecture Compendium: Digital Placemaking / сост. и ред. Hespanhol, L., Hausler, M.H., Tomitsch, M., Tscherteu, G. : AVEdition, 2017. URL: https://books.google.com.au/books?id=cpXUjwEACAAJ
6. Аким М. Строительная отрасль переходит на экологические рельсы // Сетевое издание Ведомости (Vedomosti), 2025.URL: https://www.vedomosti.ru/esg/ecology/columns/2025/11/10/1153408-stroitelnaya-otrasl-perehodit-na-ekologicheskie-relsi#1

УДК 721.01:004.89:69.05

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Захаров А.А., Тихомирова Е.Г.
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия
andrewzaxarov@mail.ru, EGTikhomirova@mephi.ru

Законы, введенные в течение прошлых лет в строительной отрасли, закрепили обязательный переход на технологии информационного моделирования (ТИМ) в России и выявили методологический тупик в этой сфере [1]. Новые нормы не привели к изменению логики принятия решений: архитекторы продолжают определять ключевые параметры жилых зданий вручную, основываясь на интуиции и собственном, иногда субъективном, опыте. В условиях дефицита свободных земельных участков и усложнения градостроительных регламентов традиционный подход позволяет рассмотреть лишь единичные варианты за отведенные сроки, упуская математически оптимальные решения [2]. Кроме того, отстраненность проектирования от последующих этапов приводит к межотраслевым коллизиям, удорожающим строительство на 10–12 %, и невозможности правильно прогнозировать эксплуатационные расходы [3].

Решение данной проблемы возможно за счет перехода к концепции динамического доказательного проектирования, где искусственный интеллект (ИИ) и алгоритмы генеративного дизайна выступают инструментом многофакторной оптимизации. Применение ИИ позволяет рассматривать множество различных параметров (климатические условия, износ материалов и т.д.), анализ которых вручную был бы нерационален, из-за слишком больших временных затрат. Архитектор в данном случае выполняет задачу аналитика данных. Он задает целевые и граничные значения, а затем изменяет их для получения наиболее эффективного варианта.

Исследование применений ИИ на разных этапах строительства показывает повышение эффективности. Использование генеративных облачных платформ (Autodesk Forma) на предпроектной стадии выявило потенциал общей энергоэффективности здания около 23 % [4]. Алгоритмические симуляции (Alice Technologies) позволяют сократить сроки строительства на десятки, а иногда и сотни дней за счет изменения графиков работы и перераспределения ресурсов [5]. Внедрение компьютерного зрения для сопоставления фактического прогресса работ с ТИМ-моделью (Buildots) сокращает временные затраты на составление отчетности на 70 % и полностью исключает риск отставания от графика [6].

Научная новизна работы заключается в переходе существующей модели проектирования жилых зданий к предложенной с помощью изменения самой концепции работы архитектора, а также добавления инструментария с ИИ. Использование ИИ позволяет математически симулировать процессы старения фасадов и конструкций под воздействием локальных климатических факторов на десятки лет вперед. Создание системы обратной связи между цифровой моделью и фактическими строительными допусками обеспечивает калибровку расчетов.

Систематизация рассмотренных технологий доказывает, что внедрение ИИ превращает проектирование из отдельной стадии в инструмент максимизации коммерческой и экологической ценности здания [7]. Рассмотренный практический опыт внедрения передовых цифровых платформ позволяет сделать вывод о достижении качественно нового уровня контроля над ключевыми параметрами проектов.

Литература

1. Об утверждении Правил формирования и ведения классификатора строительной информации: Постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2022 г. № 2357 // Официальный интернет-портал правовой информации.URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212210039
2. Borkowski A. S., Pawlikowski F., Ptaszek A., Raczkowska P., Winiarska W., Wyrzykowska N. Generative Design in Urban Planning with Regard to Local Zoning Regulations: A BIM Case Study // Urban Science. – 2026. – Vol. 10, no. 5. – Art. 267. URL: https://doi.org/10.3390/urbansci10050267
3. Сколько стоят коллизии в строительстве. Опыт компании «БИМТЕХНЕТ», BIM-первопроходцев в Республике Саха (Якутия) // АСКОН: официальный сайт.2022.URL: https://ascon.ru/news/2022/09/02/skolko-stoyat-kollizii-v-stroitelstve-opyt-kompanii-bimtekhnet-bim-pervoprohodcev-v-respublike-saha-yakutiya/
4. Mahendra S. M., Surahman U., Jurizat A., Sari D. Application of Generative Design on Architecture to Optimize Design Decision in Preliminary Design Stage // Journal of Artificial Intelligence in Architecture. 2025. Vol. 4, No. 2. P. 98-111. DOI 10.24002/jarina.v4i2.10557. EDN AWDQCW.
5. ALICE Technologies Helps Ananda Slash Project Costs // ALICE Technologies. URL: https://blog.alicetechnologies.com/case-studies/ananda-elio-del-nest
6. NCC Gains Outstanding Project Control With Automated Progress Tracking, Doubling Their Plan Completion Ratios // Buildots. URL: https://pages.buildots.com/hubfs/Use-Cases/NCC/NCC-Use-Case.pdf?hsLang=en
7. Sica F, Cerullo G and Tajani F (2026) Generative artificial intelligence for sustainable architectural design within urban contexts: evaluating potentials, constraints, and barriers through cost–dissimilarity scenario analysis. Front. Sustain. Cities 8:1798610. doi: 10.3389/frsc.2026.1798610

УДК 004.8:711

ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОАНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И AR/VR-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Исаев Ш.М.
Научный руководитель: ст. преп. Занина А.Д.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия
isaev.list@list.ru

Оценка привлекательности городских территорий для девелопмента и размещения коммерческих объектов традиционно опирается на экспертные заключения и разрозненные статистические данные. Развитие геоаналитики и методов машинного обучения позволяет формализовать этот процесс: на основе пространственных признаков – плотности точек интереса, транспортной доступности, демографических и конкурентных характеристик территории – строятся модели прогнозной оценки локаций [1, 2]. Такие модели (градиентный бустинг –XGBoost, CatBoost – в сочетании с интерпретируемыми методами атрибуции признаков, например SHAP) уже применяются для массовой оценки недвижимости и выбора мест для бизнеса [1, 2], в том числе в прикладных инструментах геоскоринга коммерческих локаций.

Результаты подобных моделей – вероятностные оценки, ранжирование локаций, вклад отдельных признаков – остаются, однако, малопонятными для архитекторов, градостроителей и инвесторов, которые принимают решения на основе пространственного, а не табличного представления информации. Возникает разрыв между аналитическим слоем данных и его использованием в проектной и градостроительной практике, где определяющую роль играют искусственный интеллект в архитектурном и градостроительном проектировании, AR/VR и цифровые двойники городской среды [3, 4].

Для сокращения этого разрыва предлагается визуализировать результаты геоаналитического моделирования непосредственно в пространственном контексте – в виде тепловой карты «привлекательности» территории, накладываемой на трёхмерную модель застройки в AR/VR-среде. Такой подход позволяет архитектору или девелоперу увидеть значение выходного показателя модели и вклад отдельных пространственных факторов (интерпретируемых, например, через SHAP-значения) в привязке к конкретным участкам и объектам, а не только в табличном или картографическом виде (см. рисунок).

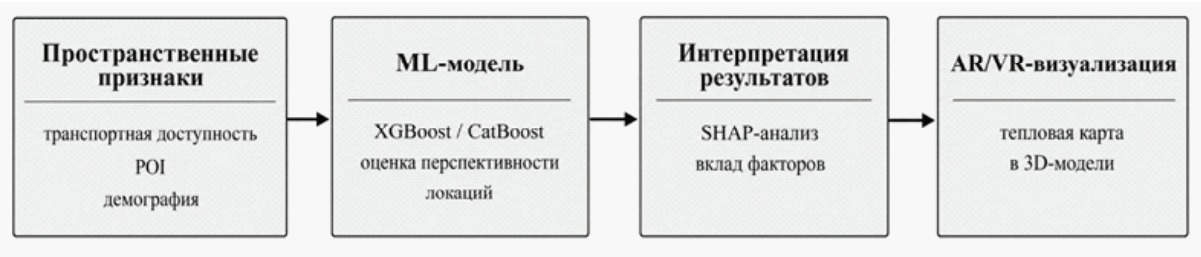


Рисунок. *Схема интеграции геоаналитической ML-модели и AR/VR-визуализации. Разработано автором*

Интеграция геоаналитики, машинного обучения и AR/VR-визуализации может ускорить предпроектный анализ территории, повысить прозрачность аналитических решений для участников процесса и создать основу для последующего сопряжения с ТИМ-моделью объекта и городскими ГИС-данными. Дальнейшая работа связана с прототипированием такого визуального слоя и оценкой его влияния на скорость и качество решений на предпроектной стадии.

Литература

1. Лейфер Л.А., Чёрная Е.В. Массовая оценка объектов недвижимости на основе технологий машинного обучения. Анализ точности различных методов на примере определения рыночной стоимости квартир // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2020. № 3 (222). С. 32–42.
2. Калиновский Б. Геоаналитика в рознице, часть 1: автоматизируем процесс выбора места для бизнеса. 2ГИС + MS Azure + ML // Хабр. 26.01.2020. URL: https://habr.com/ru/articles/483722/ (дата обращения: 27.08.2026).
3. Сахаров П.М., Тлустый Р.Е. Искусственный интеллект в архитектурном проектировании: инновации, оптимизация и будущее // Вестник науки. 2024. № 6 (75). С. 1423–1438.
4. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // ArchitectureandModernInformationTechnologies. 2023. № 4 (65). С. 311–324. DOI: 10.24412/1998-4839-2023-4-311-324.

УДК 69:004.9

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЕОАНАЛИТИЧЕСКИХ ГИС-ДАННЫХ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

Исаев Ш.М.
Научный руководитель: ст. преп. Занина А.Д.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия
isaev.list@list.ru

Технологии информационного моделирования (ТИМ/BIM) в российской практике применяются преимущественно на уровне отдельного объекта – от проектирования до эксплуатации, тогда как геоаналитические ГИС-данные (транспортная доступность, инженерно-геологические условия, окружающая застройка, экологические и социально-экономические характеристики территории) чаще существуют в виде отдельного, слабо связанного с информационной моделью слоя данных [1, 2]. Это ограничивает возможность сквозного анализа объекта в его территориальном контексте на всех этапах жизненного цикла [3, 4].

Одним из направлений преодоления этого разрыва является формирование единого geo-BIM контура: привязка ТИМ-модели к геодезической системе координат и её сопоставление с внешними ГИС-слоями на уровне общей пространственной модели данных, а не только визуального совмещения чертежей. Это позволяет использовать геоаналитические показатели территории (доступность, риски, окружение) как дополнительные атрибуты объекта информационного моделирования уже на предпроектной стадии и на стадии экспертизы (см. рисунок) [1].



Рисунок. *Авторская методология интеграции ТИМ/BIM и ГИС. Разработано автором*

На стадии эксплуатации такая интеграция создаёт основу для цифрового двойника не только самого объекта, но и его территориального окружения: изменения контекста – новая застройка, изменение транспортной сети, изменение окружающей нагрузки – могут отслеживаться и сопоставляться с параметрами объекта из ТИМ-модели, что расширяет возможности мониторинга и управления объектом на всём протяжении жизненного цикла [2, 4].

Формирование geo-BIM контура требует согласования форматов данных (IFC и внешних ГИС-форматов), однако представляется перспективным направлением для задач экспертизы и управления в строительстве, а также для развития технологий умного города, где объектовый и территориальный уровни анализа должны рассматриваться совместно, а не изолированно.

Литература

1. GeoTechEng. Применение цифровых технологий (BIM, ГИС, дронов и лазерного сканирования) в инженерных изысканиях // GeoTechEng. 02.09.2025. URL: https://geotecheng.ru/primenenie-czifrovyh-tehnologij-bim-gis-dronov-i-lazernogo-skanirovaniya-v-inzhenernyh-izyskaniyah/ (дата обращения: 27.08.2026).
2. Калинин А. Что такое цифровой двойник города // PRO ТИМ. 24.11.2025. URL: https://pro-tim.ru/blog/tsifrovoy-dvoynik-goroda/ (дата обращения: 27.08.2026).
3. Шестопалова О.Л., Шестопалов Р.П. Об интеграции BIM-технологии информационного моделирования зданий с методами фотограмметрии при построении цифровых моделей объектов в архитектурно-строительной отрасли // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 8. С. 138–143.
4. Кузина О.Н. Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от D-BIM к C-BIM) // Вестник евразийской науки. 2017. № 6 (43). Статья 180TVN617.

УДК 378.147:69

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ ГЕОАНАЛИТИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА У СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Исаев Ш.М.
Научный руководитель: ст. преп. Занина А.Д.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия
isaev.list@list.ru

Геоаналитические и ИИ-компетенции в строительном образовании целесообразно формировать не как отдельный набор цифровых навыков, а как инструмент обоснования решений о размещении, проектировании и эксплуатации объектов. Студент должен уметь связывать характеристики здания с транспортной доступностью, природными ограничениями, состоянием среды, социально-экономическим контекстом и территориальными рисками.

Ориентиром может служить опыт факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ при реализации магистерской программы «Пространственные данные и прикладная геоаналитика». Ее логика соединяет понимание процессов территориального развития, анализ пространственных данных, машинное обучение, математическое моделирование и подготовку пространственных решений. Практическая результативность такого подхода подтверждается студенческими работами, в которых совместно применяются данные дистанционного зондирования, геоинформационное картографирование и алгоритмы машинного обучения [1, 2].

Для строительных направлений этот опыт предлагается адаптировать в формате проектной лаборатории. Каждая команда проходит полный цикл: постановка отраслевой задачи, сбор и проверка геоданных, выбор метода, построение модели, валидация, интерпретация и перевод результата в инженерное решение. Исходными материалами служат геоданные, результаты изысканий и ТИМ/BIM-модель; итогом – не сама карта или модель, а обоснованное и проверяемое проектное решение [3, 4] (см. рисунок).



***Рисунок**. Проектно-аналитический цикл формирования компетенций. Разработано автором*

Содержание подготовки объединяет четыре блока: географическую интерпретацию территории; управление геоданными; ГИС, пространственную статистику и ML/ИИ; интеграцию с ТИМ/BIM и жизненным циклом объекта. Результат оценивается по паспорту данных, воспроизводимому сценарию, отчету о валидации и защите решения, что поддерживает развитие системного мышления [5].

Литература

1. НИУ ВШЭ. В Вышке открывается магистратура «Пространственные данные и прикладная геоаналитика» // НИУ ВШЭ. 04.04.2024. URL: https://www.hse.ru/news/edu/911477111.html (дата обращения: 03.09.2026).
2. Курамагомедов Б.М., Медведев А.А. Студенты НИУ ВШЭ представили на международной конференции исследования в области геоаналитики и машинного обучения // НИУ ВШЭ. 28.08.2026. URL: https://geography.hse.ru/news/1194638419.html (дата обращения: 03.09.2026).
3. Спрыжков А.М., Приворотский Д.С., Приворотская Е.В., Яшина Н.А. Информационное моделирование и интегрированная реализация проектов в кроссдисциплинарном курсовом проектировании студентов строительных специальностей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 4-1. С. 171–174.
4. Астрашенко В.В., Новикова К.Ю., Баклушина И.В. Обучение технологии информационного моделирования при решении специализированных задач на этапе жизненного цикла объекта капитального строительства. Опыт СибГИУ // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 5-1 (87). С. 63–67.
5. Кощеева Е.С., Минина Е.Е. Моделирование информационных процессов как средство формирования системного мышления // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 61–65.

УДК 004.92+378

ФОРМИРОВАНИЕ РИЗОМАТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ-АРХИТЕКТОРОВ ЧЕРЕЗ КОМПОЗИЦИОННОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Каракина В.Е.
Научный руководитель: ст. преп. Дар В.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
star.valentine.arch@gmail.com

Современная архитектурная практика требует от специалиста умения работать в условиях высокой неопределенности, где жесткие иерархические структуры уступают место гибким, децентрализованным и многомерным сетевым объектам. Способность мыслить нелинейно, связывать разнородные контексты и создавать адаптивные пространственные формы формирует так называемое ризоматическое мышление, опирающееся на философский концепт Ж. Делёза и Ф. Гваттари [1]. Для будущего архитектора этот навык становится базовой профессиональной компетенцией, определяющей его конкурентоспособность в эпоху метамодерна.

В образовательном процессе эффективной средой для развития такого мышления выступает композиционное компьютерное моделирование. Цифровая среда позволяет оперировать не фиксированными объемами, а автономными ассоциативными узлами, динамическими потоками и вариативными связями. При таком подходе цифровые инструменты выступают не просто средством визуализации, а соавтором и катализатором ризоматического мышления [2]. Компьютерное моделирование трансформируется в прямой практический инструмент генерации сложных, непредсказуемых и адаптивных пространственных композиций.

В качестве перспективного вектора архитектурного образования предлагается методика преодоления стереотипных приемов стандартного ортогонального проектирования через внедрение серии специальных творческих задач [3]. Подход строится на усложнении программы, разделенной на три последовательных логических модуля. Вместо вычерчивания заданных объемов студенты вовлекаются в экспериментальные сценарии поиска баланса между хаосом и структурированным пространством.

Первый модуль направлен на деконструкцию регулярных геометрических форм и освоение контекстуальной адаптации через упражнение по созданию архитектурного симбиоза. Студент берет готовую трехмерную модель строгого традиционного здания или кубического объема в стиле минимализма и внедряет в нее «цифровое корневище». Абстрактные элементы в виде труб, мостиков и платформ прорастают сквозь стены и связывают разные уровни объекта вопреки его изначальной логике. Задание учит работать со сложным контекстом, где ризома выступает как адаптивная сеть, переформатирующая функции жесткой системы и создающая новые пространственные транзитные пути.

Второй модуль сфокусирован на полицентрическом планировании и освоении пространственного равноправия через проектирование плана-лабиринта. Студенты разрабатывают абстрактный план общественного павильона без главного входа и фиксированных жестких границ. Глухие стены замещаются проницаемой системой отдельно стоящих пилонов и перегородок, расположенных по координатной сетке со случайными композиционными сдвигами. Это учит уходить от навязанных линейных сценариев, создавая среду, где пользователь самостоятельно выбирает траекторию движения среди множества одинаково важных проходов.

Третий модуль строится на преодолении предвзятых авторских шаблонов через работу со случайной графикой и пересечениями геометрических линий. Практическая задача предполагает объемно-пространственную интерпретацию абстрактных графических пятен и пересекающихся линий, где будущая форма вылавливается напрямую из этого линейного рисунка, а не придумывается из головы. Студенты интерпретируют случайные контуры как архитектурные элементы различной плотности, превращая темные участки в объемы, полутона – в пандусы и связующие террасы, а пустоты – в перетекающие площади для синтеза итогового архитектурного объема и превращения абстрактной матрицы в полноценный объект.

Внедрение предложенной методики трех модулей позволяет перевести компьютерное моделирование в режим интеллектуального соавторства и развить у студентов нелинейное пространственное мышление. Поэтапное выполнение творческих задач разрушает ортогональные стереотипы проектирования. Это позволяет будущим специалистам успешно уходить от статичных форм к созданию полицентрической, гибкой и адаптивной архитектурной среды.

Литература

1. Делёз Ж., Гваттари Ф. Капитализм и шизофрения: Тысяча плато / пер. с фр. Я. И. Свирского. М.: Астрель, 2010. 895 с.
2. Добрицына И. А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре: Архитектура в контексте современной философии и науки. М.: Прогресс-Традиция, 2004. 416 с.
3. Токарев А. С. Компьютерное моделирование как метод архитектурно-композиционного формообразования // Архитектон: известия вузов. 2018. № 2 (62). С. 11.

УДК 004.9:69

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ BIM, VR И IOT ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Киреков А.А.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
Kirekov98@mail.ru

Цифровизация строительной отрасли становится ключевым трендом развития российского строительного сектора, где всё больше компаний внедряют информационные технологии на всех этапах реализации проектов. Внедрение информационных технологий увеличивает затраты на моделирование, но обеспечивает существенную экономию ресурсов и оптимизацию логистики на последующих этапах строительства. Благодаря BIM (Building Information Model), обеспечивается эффективный мониторинг конструкций на протяжении жизненного цикла здания (проектирование, строительство, эксплуатация и снос). Важно отметить, что современные цифровые решения позволяют существенно снизить риски ошибок при проектировании и строительстве, а также обеспечивают более эффективное управление строительными проектами. Особую роль играет интеграция различных технологий (BIM, VR, IoT), которая создает единую экосистему управления строительством и позволяет принимать более обоснованные управленческие решения на всех этапах реализации проекта.

В последние годы BIM набирает популярность среди архитекторов и проектировщиков. BIM позволяют создавать трёхмерные модели зданий с полной информацией о конструктивных особенностях и необходимых материалах, используя специализированное программное обеспечение, например, Autodesk BIM 360 [1]. Данный инструмент позволяет работать над проектами в режиме реального времени, автоматизировать заполнение спецификаций и, следовательно, упрощает работу со сметами. Работу с BIM облегчает среда общих данных (СОД), которая выступает как единая информационная платформа, обеспечивающая эффективное взаимодействие всех участников строительного процесса и актуальность данных об объекте [2].

BIM-модель нередко визуализируют в VR-пространстве, VR-визуализация применяется на всех ключевых этапах строительства: от проектирования до реализации. На этапе проектирования VR-визуализация применяется для оценки архитектурных, объемно-планировочных и конструктивных решений проектируемого объекта, при строительстве симулирует и оптимизирует технологические процессы, при продажах используется для демонстрации различных помещений клиентам. Это помогает заранее выявить риски, снизить вероятность ошибок и оптимизировать затраты [3].

Таким образом, комплексное использование информационных технологий BIM, VR и IoT существенно облегчает большинство процессов в строительной отрасли, обеспечивая повышение эффективности работы и качества конечного продукта. Однако дальнейшее масштабное внедрение цифровых технологий сталкивается с рядом существенных препятствий. Во-первых, возникает острая необходимость подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно работать с современным программным обеспечением и оборудованием. Существующая система образования требует существенной модернизации для подготовки профильных кадров. Во-вторых, внедрение цифровых технологий связано со значительными финансовыми затратами на приобретение программного обеспечения, специализированного оборудования и организацию инфраструктуры. Особенно это касается начального этапа внедрения. В-третьих, необходимо учитывать высокие риски ошибок на ранних этапах внедрения, которые могут привести к существенным финансовым потерям и срыву сроков реализации проектов. Требуется тщательное планирование и тестирование всех процессов перед полномасштабным внедрением. Наконец, существует постоянная потребность в доработке и совершенствовании технологических решений с учетом меняющихся требований рынка и появления новых технических возможностей. Это требует дополнительных ресурсов и внимания со стороны всех участников процесса цифровизации строительства. Особую сложность представляет интеграция различных технологических решений в единую экосистему, обеспечивающую бесперебойное взаимодействие всех участников строительного процесса.

Литература

1. Пашков Г. А., Штоколов, М. С., Мацак, В. С. Применение современных цифровых технологий управления проектами в строительстве. Междунар. науч.-тех. конф. молодых учёных БГТУ им. В. Г. Шухова: материалы конф. Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2024. С. 256–258.
2. Калугина В. В. Среда общих данных как платформа взаимодействия участников инвестиционно-строительного проекта при управлении проектом. Научные исследования: проблемы и перспективы в условиях формирования многополярного мира : сб. тр. XVII Междунар. науч.-практ. конф. Анапа : ООО «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов», 2026. С. 30–35.
3. Казберович А. А., Носко, Н. В. Применение VR-технологий в современном строительстве. Направления повышения эффективности управленческой деятельности органов гос. власти и местного самоуправления: сб. тез. VIII Междунар. науч.-практ. конф., Алчевск, 21 января 2026 г. Алчевск: Донбасский гос. тех. ун-т», 2026. С. 88–90.

УДК 004.9:69

АВТОМАТИЗАЦИЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ

Коваленко В.Ю.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

vadim8dotcom@gmail.com

Изменения свойств оборудования не всегда одновременно попадают в систему управления инженерными данными (СУИД) и информационную модель промышленного объекта. Например, наименование насосного агрегата может быть уточнено в СУИД, тогда как в модели Renga сохранится прежняя запись. При большом числе элементов ручная сверка становится трудоёмкой. Lin и Zhou показали, что для проверки BIM-моделей важно отличать содержательные изменения от несущественных различий данных [1].

В исследовании Peng и соавторов сопоставление версий BIM выполняется по метаданным объектов, включая свойства и связи [2]. В нашей задаче сравниваются не две версии модели: актуальное значение поступает из НЕОСИНТЕЗ, а записать его требуется в Renga. Цель работы – определить порядок такого обновления, при котором пользователь видит расхождения до их применения. Область актуализации ограничивается свойствами, имеющими согласованное представление в обеих системах.

Для первого прототипа предлагается заранее задать таблицу соответствий: идентификатор объекта в НЕОСИНТЕЗ, идентификатор элемента Renga и пары изменяемых атрибутов с указанием типов значений. Например, можно сопоставить пользовательские свойства «Наименование» и «Описание». Техническую основу составляют REST API НЕОСИНТЕЗ [3] и интерфейсы Renga API для чтения и изменения свойств объектов [4]. Доступность конкретных операций и необходимых прав предстоит проверить в используемых версиях программ.

При сопоставлении нужно учитывать неоднозначные связи: если одному объекту СУИД соответствуют несколько элементов Renga, применение изменений блокируется до ручного уточнения. Для числовых свойств следует заранее задать единицы измерения и точность сравнения, для текстовых – правила обработки пустых значений. Набор правил предлагается хранить отдельно от программы, чтобы адаптировать его к различным классам оборудования.

Модуль должен получить выбранные значения из СУИД, найти соответствующий объект модели и сравнить атрибуты. Совпадающие значения не требуют действий; различающиеся выводятся пользователю с указанием старого и нового значения. После подтверждения изменения записываются в Renga. Если объект не найден, свойство отсутствует либо тип значения не подходит, запись пропускается. Для каждого случая предусматривается журнал с указанием объекта, атрибута и результата операции.

Экспериментальную проверку планируется провести на контрольном фрагменте модели. После изменения нескольких свойств в НЕОСИНТЕЗ будут проверены три ситуации: корректное обновление, отсутствие соответствующего объекта и невозможность записи выбранного свойства. Результат предполагается оценивать по совпадению значений после обновления с заданными контрольными данными, отсутствию нежелательных изменений и полноте журнала. На момент подготовки тезисов испытания не проводились.

Перед экспериментом планируется составить ведомость с идентификаторами, исходными и ожидаемыми значениями. Для каждой операции будут проверены обновление нужного атрибута, неизменность остальных свойств и корректность записи в журнал. Повторное выполнение сравнения без новых правок не должно приводить к обновлениям. Ошибки сопоставления и записи предполагается учитывать отдельно, чтобы определить этап возникновения сбоя.

Предложенная схема решает ограниченную задачу односторонней актуализации атрибутов и не претендует на автоматическое согласование версий целых моделей. Её практическую применимость должна подтвердить проверка на реальных данных двух систем.

Литература

1. Lin J.-R., Zhou Y.-C. Semantic classification and hash code accelerated detection of design changes in BIM models // Automation in Construction. 2020. Vol. 115. Article 103212. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103212.
2. Peng Y., Yu F., Zhang M., Xu J., Gao S. Solutions on Establishing and Utilizing BIM for General Contractors in Key Scenarios of Digital Construction // Advances in Civil Engineering. 2023. Article 3951336. DOI: 10.1155/2023/3951336.
3. СУИД «НЕОСИНТЕЗ»: официальный сайт разработчика. URL: https://www.neolant-srv.ru/neosyntez/.
4. Renga API Documentation. How to work with properties. URL: https://help.rengabim.com/api/how-to-properties.html.

УДК 711.4:004

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ГОРОДА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: УСЛОВИЕ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА

Колмакова А.А.
Научный руководитель: доц. Уморина Ж.Э.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
umorina87@yandex.ru

Проживающее в городах население земли занимает 55%, к 2050 году эта цифра может достигнуть 68 % [1]. Создававшаяся десятилетиями инфраструктура не рассчитана на такую нагрузку. Трафик на дорогах и недостатокэнергии, изменяющийся климат и постоянное ухудшение экологии образуют объёмный узел задач.

И потому нужно учитывать, что изменения в одной подсистеме меняют условия в остальных. Цифровой двойник города – виртуальная реплика территории. Она синхронизируется с реальным объектом за счёт сбора и анализа данных, позволяет проработать строительные решения до их реализации. Цель работы – определить, при каком условии такого рода модель оптимизирует развитие, а не останется демонстрационной репликой.

Выделив три состояния системы можно задать условие. Трёхмерная модель описывает территорию статически. И даже если цифровая визуализация получает информацию с объекта, то всё равно не может влиять на него – связь в одну сторону. Собственно, сама модель является замкнутым контуром. Результатже имитации возвращается в управленческое решение и меняет состояние объекта. Просмотр уже действующих таких городских платформ позволяет увидеть, что большинство из них работает в режиме тени. Двусторонняя интеграция остаётся нерешённой задачей [2]. Отсюда следует рабочий критерий зрелости. Не объём собранных данных и не детальность визуализации, а наличие замкнутого контура на конкретном классе задач им является.

BIM-модель становится технической основой двойника. Она ориентирована на масштабы района или города. В ней же отображение канализации, водопровода, теплотрасс и кабельных сетей. Все используемые данные делятся на статические и динамические. Статическими являются трехмерные модели памятников, дорог, зданий, объектов инфраструктуры в стандартах CityGML и CityJSON. А динамическими — показания датчиков, трафик, метеопараметры. Они внедряются через стандарт Sensor Things API либо через модуль Dynamizer, первый легче в доступе данных, а второй – в представлении их [3]. Создание программного контура осуществляется на доступных решениях: pygeoapi как реализация OGC API, Unity и Cesium (для визуализации), GeoServer (для передачи через WMS и WFS), PostgreSQL с расширением PostGIS (для хранения трёхмерных геометрий и временных характеристик). Открытые двойники городов, как PLATEAU, дают воспроизводимую базу для таких работ [4].

Достижение контура модели не формируется везде одинаково. Работа границы начинается там, где решение формализуемо. А именно возможность согласования строительных работ в режиме «одного окна», вместо поэтапного прохождение инстанций, ориентирование на прогноз для отключения полива, выявление участков территории, требующих вмешательства. Но с задачами целостного развития территорий справится сложнее. Все потому, что затраты энергии и готовность территории для работы может оценить модель, но в итоге решение остаётся за человеком. Контур замыкается не полностью.

Технический характер это ограничение не носит, а имеет лишь только трудности содержательные. И потому только то, что возможно измерить, может попасть в модель – инженерные системы и физические. Экономические, социальные, и политические структуры не могут в нее войти. Потому и обзорные работы называют основным препятствием к полноте городского двойника [2]. Следовательно, оптимизировать модель может только ту часть развития, которая может быть оцифрована. Выбор задач для него становится самостоятельным проектным решением. Дальнейшая работа предполагает разработку перечня градостроительных задач, в том числе с условием замыкания контура, и оценку эффекта на материале конкретной территории.

Литература

1. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Key Facts. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2018. URL: https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf.
2. Shahat E., Hyun C.T., Yeom C. City digital twin potentials: a review and research agenda // Sustainability. 2021. Vol. 13. №6. Art. 3386.
3. Lim J., Biljecki F., Stouffs R. Integration of movement data into 3D GIS // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2024. Vol. X-4/W5-2024. P. 219–227.
4. PLATEAU: 3D City Models of Japan. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. URL: https://www.mlit.go.jp/plateau/en/.

УДК 72:62

ПОДВОДНАЯ АРХИТЕКТУРА: КАКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЗВОЛЯЮТ СТРОИТЬ ПРОСТРАНСТВА ПОД ВОДОЙ

Куат А.А.
Научный руководитель: канд. филол. наук, ассоц. проф. Бугенова Л.А.
Казахская головная архитектурно-строительная академия, город Алматы, Республика Казахстан
kuatayala64@gmail.com

На современном этапе развития архитектуры человек постепенно осваивает пространства, ранее считавшиеся непригодными для строительства. Одним из перспективных направлений является создание подводных сооружений для туризма, научных исследований и других видов деятельности непосредственно под поверхностью воды. В данной статье понятие «подводная архитектура» используется для обозначения архитектурных решений, предусматривающих создание функциональных пространств под водой. В отличие от традиционного строительства, такие объекты требуют учитывать гидростатическое давление, коррозию, герметичность конструкций и безопасность людей [1].

Подводные сооружения уже существуют в разных странах в виде исследовательских станций, лабораторий, тоннелей и туристических объектов. Современные технологии позволяют развивать это направление с использованием цифрового моделирования, роботизированных систем и 3D-печати. В частности, исследования показывают перспективность подводной 3D-печати бетона, позволяющей создавать конструкции непосредственно в водной среде [1, 2].

Для Казахстана данная тема представляет особый интерес благодаря Каспийскому морю. Актау является одним из главных городов Казахстана на Каспийском побережье, поэтому создание подводных сооружений здесь может рассматриваться как возможное направление развития туристической и общественной инфраструктуры. Идея создания подводного объекта в Актау уже рассматривалась ранее. В 2011 году местные архитекторы предложили концепцию реконструкции спуска к Каспийскому морю от университета имени

Ш. Есенова. Проект предусматривал благоустройство территории, канатную дорогу, пешеходные мосты и подводный ресторан у побережья Каспийского моря [3]. Однако данная проектная концепция не была реализована.

Каспийское море в районе Актау создаёт как возможности, так и определённые сложности для подобного строительства. Близость моря к городской территории способствует развитию рекреационной инфраструктуры, однако при строительстве необходимо учитывать глубину, состояние морского дна, воздействие волн и течений, коррозию материалов и экологические ограничения.

Особое значение имеет подводная 3D-печать бетона. При работе в воде необходимо использовать специальные составы, устойчивые к размыванию и способные сохранять форму во время печати [2, 4]. Кроме того, глубина воды влияет на свойства свежего материала и процесс формирования конструкции, поэтому технологию необходимо адаптировать к конкретным условиям строительства [5]. Применение цифрового моделирования и роботизированных систем также может способствовать повышению точности и эффективности строительных работ.

Таким образом, строительство подводных сооружений в Актау находится на пересечении архитектуры, строительной инженерии, материаловедения, цифрового проектирования и морских исследований. Возможность реализации такого объекта должна определяться не только архитектурной концепцией, но и результатами инженерных и экологических исследований Каспийского побережья.

Литература

1. Yang J.-M., Park I.-B., Lee H., Kwon H.-K. Effects of Nozzle Details on Print Quality and Hardened Properties of Underwater 3D Printed Concrete // Materials. 2023. Vol. 16, No. 1. Article 34. DOI: 10.3390/ma16010034.
2. Nguyen-Van V., Du H. Underwater 3D Concrete Printing: Automation Challenges, Process-Material Interactions, and Prospects for Construction Technologies // Journal of Building Engineering. 2026. Vol. 120.
3. Архитекторы Актау предложили построить канатную дорогу и подводный ресторан у побережья Каспийского моря // Tengrinews.kz. 2011.
4. Zheng X., Hao J., Hu J., Li G., Fu T., Li X. Towards Reliable Underwater Construction: Material and Process Innovations in 3D Concrete Printing // Journal of Building Engineering. 2026. Vol. 129. Article 116933. DOI: 10.1016/j.jobe.2026.116933.
5. Zhang H., Du H. Effect of Water Depth on Fresh Properties and Buildability of Underwater 3D Concrete Printing: Experiments and Numerical Modelling // Cement and Concrete Composites. 2026. Vol. 174. Article 106763. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2026.106763.

УДК 532.546

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ

Кузьмина Л. И. [1]***, Осипов Ю. В.*** [2]***, Пестерев А.Р.*** [2]

[1] *Национальный исследовательский университет Высшая Школа Экономики, Москва, Россия*

[2]*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия*

lkuzmina@hse.ru, yuri-osipov@mail.ru, vip.pesterev_a@mail.ru

Проектирование подземных сооружений, оценка суффозионных рисков в грунтовых плотинах и управление качеством растворов для цементации требуют детального математического моделирования фильтрации дисперсных сред [1]. В основе таких моделей лежит функция фильтрации – параметр, определяющий интенсивность осаждения взвешенных микрочастиц на твердом каркасе [2]. В реальных условиях технологические смеси полидисперсны, из-за чего традиционные методы находят лишь усредненную функцию, не отражающую динамику отдельных фракций [3]. Изолированное определение парциальных коэффициентов и начальных плотностей для каждого типа частиц возможно только путем решения обратной задачи фильтрации на основе макроскопических экспериментальных данных.

Математическое описание нестационарного массопереноса гетерогенной суспензии в полубесконечном пористом образце задается системой квазилинейных дифференциальных уравнений, задающих обмен масс взвеси и осадка и скорость образования задержанных частиц [4]:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t}+\frac{\partial c_i}{\partial x}+\frac{\partial s_i}{\partial t}=0,\ \ \frac{\partial s_i}{\partial t}=(S_m-b)\lambda_i c_i;\quad i=1,\ 2,\ .....\ n$$

Здесь si(x,t), ci(x,t), i=1,2,…, n – искомые пространственно-временные распределения взвешенных и задержанных частиц различных групп, общая масса осадка b не превосходит предельный осадок S_m, константы *i*–коэффициенты фильтрации частиц определенного типа.

Единственность решения системы уравнений обеспечивается условиями:

$$x=0:\ c_1=c_1^0,\ c_2=c_2^0,...,\ c_n=c_n^0;\ \ t=0:c_i=0,\ s_i=0,\ i=1,2,...,n.$$

Для практической идентификации параметров авторами предложен метод ступенчатой глубинной фильтрации. На вход каскада из 2*n*-1 последовательных пористых ячеек одинаковой длины *l*, не содержащего взвешенных и задержанных частиц, подается полидисперсная смесь с известной суммарной плотностью m_0. Физические особенности фронта концентраций взвешенных и задержанных частиц, движущегося с постоянной скоростью, позволяют зафиксировать суммарную концентрацию взвеси m_j в каждой точке выхода в фиксированный момент прорыва. С учетом точного аналитического решения прямой задачи на фронте [5], исходная нелинейная алгебраическая система для 2n неизвестных параметров с вертикальной прямоугольной матрицей Вандермонда сводится к задаче моментов [6].

Для нахождения парциальных характеристик смеси применяется модифицированный алгоритм Прони [7]. На первом этапе вычисляются корни характеристического полинома, определяющие индивидуальные фильтрационные коэффициенты фракций λ_i, после чего система *n* линейных уравнений Вандермонда позволяет однозначно рассчитать входные концентрации. Математическая корректность, устойчивость и единственность полученного явного аналитического решения строго обоснованы с помощью критерия Сильвестра для знаковых определителей матриц Ханкеля [8]. Предложенный подход позволяет бесконтактно и оперативно верифицировать дисперсный состав растворов непосредственно по гидродинамическим замерам.

Метод эффективен как для получения точных аналитических решений в малофракционных суспензиях, так и в качестве устойчивого расчетного инструмента при моделировании сложных систем с большим числом групп частиц.

Литература

1. Wang X., Cheng H., Yao Z., Rong C., Huang X., Liu X. Theoretical Research on Sand Penetration Grouting Based on Cylindrical Diffusion Model of Tortuous Tubes // Water. 2022. Vol. 14. 1028.
2. Altoe J.E., Bedrikovetsky P., Siqueira A.G., de Souza A.L.S., Shecaira F.S. Correction of basic equations for deep bed filtration with dispersion // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2006. Vol. 51. Pp. 68–84.
3. Alvarez A. C., Bedrikovetsky P. G., Hime G., Marchesin A. O., Marchesin D., Rodrigues J. R. A fast inverse solver for the filtration function for flow of water with particles in porous media // Inverse Problems. 2006. Vol. 22. Pp. 69–88.
4. Herzig J.P., Leclerc D.M., Le Goff P. Flow of Suspensions Through Porous Media – Application to Deep Filtration // Journal of Industrial & Engineering Chemistry. 1970. Vol. 62(5). Pp. 8–35.
5. Kuzmina L. I., Osipov Yu. V., Astakhov M. D. Retention profiles of multiparticle filtration in porous media // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 2024. Vol. 47. Pp. 8319–8341.
6. Kreĭn M. G., Nudel'man A. A. The Markov Moment Problem and Extremal Problems. AMS, Providence, RI., 1977. 417 p.
7. Plonka G., Potts D., Steidl G., Tasche M. Numerical Fourier Analysis. In: Applied and Numerical Harmonic Analysis. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 2023, 682 p.
8. Horn R. A., Johnson C. R. Matrix Analysis. Cambridge University Press, New York, 2012. 662 p.

УДК 004.42

ФОТОГРАММЕТРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Кульминская А.А., Мельник М.С.
Научные руководители: канд. тех. наук, доц. Захарова Г.Б., м.н.с. Романов А.С.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
aciakulminskaya@yandex.ru, Opkornchik@yandex.ru

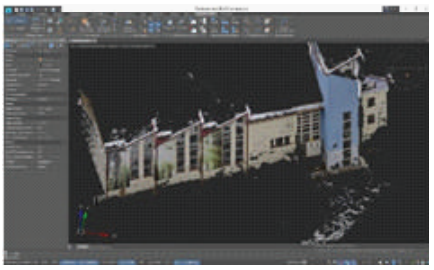
В архитектуру активно внедряются BIM-технологии, позволяющие эффективно распоряжаться информацией на протяжении всего жизненного цикла проекта [1]. Отличительным признаком BIM является трёхмерная визуализация здания или сооружения, для создания которой требуется сбор и обработка большого объёма исходных данных. Объёмная модель упрощает работу: объединяет и демонстрирует взаимосвязь различных компонентов проекта, что позволяет своевременно выявить и устранить ошибки.

Одним из ключевых инструментов создания трёхмерной визуализации является фотограмметрия – наука, изучающая способы определения форм, размеров, пространственного положения и степени изменения во времени различных объектов, по результатам измерений их фотографических изображений [2]. Метод позволяет разработать 3D-модель на основе двумерных изображений. Широкое применение получили технологии построения объектов проектирования путём формирования облаков точек, что обеспечивает автоматизацию процессов моделирования.

Этапы процесса проектирования объёмной пространственной модели рассмотрим на примере разработки проекта реновации здания спортивной базы для размещения в здании Музея уральского деревянного зодчества.

Первым шагом было фотографирование здания с разных сторон. Чем больше фотографий объекта, тем более точная модель получается и тем больше времени и ресурсов требуется для обработки снимков [3].

Полученные фотографии загружены в программное обеспечение RealityCapture. Программа произвела определение общих точек, видимых на нескольких снимках, и выравнивание фотографий для дальнейшего извлечения трёхмерных координат (рис.1). Так формируются облака точек – изображение, полученное в результате пересечения лучей с объектом [3].



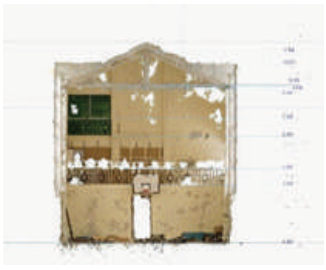


Рис.1. *Облака точек объекта: а) часть фасада, б) интерьер. Разработано авторами*

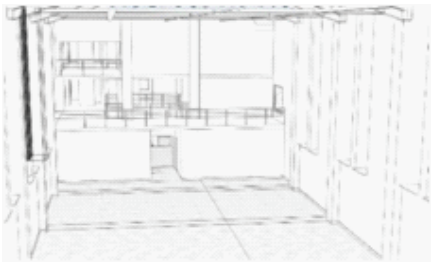


Рис. 2. *Трёхмерная модель интерьера в программе Renga. Разработано авторами*

В результате дальнейшей работы в программе были состыкованы плоские облака точек и визуализирована трёхмерную модель с точными высотными отметками и размерами. Итогом работы стала пространственная модель из плотных облаков точек, ставшая основой для BIM-модели здания в программе Renga Professional (рис.2).

Информация, полученная путём фотограмметрии, значительно ускорила процесс и улучшила качество сбора и обработки исходных данных и трёхмерной визуализации. Следует отметить актуальность и перспективность интеграции фотограмметрии в BIM-проектирование.

Литература

1. Евстратова Л. Г. О возможной интеграции методов фотограмметрии и BIM-технологии // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. №4.
2. Богатырев И. С. Фотограмметрия в современном мире // Матрица научного познания. 2023. № 3-2. С. 44-51.
3. Чурилин О. И., БеловЮ. С. Этапы создания моделей трехмерных объектов на основе технологии фотограмметрии // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: матер. Всерос. науч.-тех. конф. 2023. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. С. 75-77. EDN JUTKQK.

УДК 627.8.034.96

ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ЗОЛООТВАЛА № 2: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И НЕОБХОДИМОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ

Лещенко Н.С., Панкратова С.А.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Бобыльская В.А., ст. преп. Лещенко С.И.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
leschenkonikolay@mail.ru, sonyapankratova04@gmail.com

Дренажная система золоотвала из трубчатого дренажа в основании дамбы и в теле ограждающей дамбы первого яруса, в теле ограждающей дамбы второго яруса и дренажной канавы между дамбами первого и второго ярусов с креплением откосов щебнем, обеспечивает безопасность и надежность работы ограждающих дамб, но сама находится в сложных и неблагоприятных условиях эксплуатации – агрессивность фильтрата, близость к жилым зонам, процессы, ведущие к засорению и заилению. Своевременная оценка ее состояния и выявление слабых звеньев позволят предотвратить аварии, минимизировать экологические риски и оптимизировать затраты на обслуживание [1, 2].

Цель работы – оценка работоспособности дренажной системы золоотвала, выявление критических участков и рисков её нарушения, обоснование ресурсосберегающих мер по реконструкции.

Золоотвал №2 Новосибирской ТЭЦ-5 расположен в 2 км на восток от промплощадки ТЭЦ и в 2,5 км на север от с. Новолуговое. Емкость образована перегораживанием лога земляной дамбой с держанными устройствами.

Основные факторы, влияющие на работоспособность дренажных систем – агрессивность фильтрационных вод; непосредственная близость золоотвалов к жилой и производственной зонам, отсутствие охраны территории (доступны для посторонних лиц); фильтрация техногенных прогретых вод из чаши в коренные грунты и тело дамбы приводит к формированию на прилегающей территории устойчивых биоценозов по типу близких к болотным или пойменным с достаточно разнообразной флорой и фауной; влияние «человеческого» фактора на сохранность системы. При оценке влияния человеческого фактора на надежность и сохранность элементов дренажных систем в качестве источника риска выделены обслуживающий персонал собственника ГТС и персонал подрядных организаций по обслуживанию и ремонту; посторонние лица (не связанные с выполнением работ по его обслуживанию или ремонту).

На основе анализа материалов визуального обследования ГТС золоотвала, отчетной документации регулярных наблюдений выполнена идентификация рисков частичного нарушения или полной потери работоспособности дренажных, обусловленных влиянием естественных и антропогенных факторов.

Для открытой дренажной сети – зарастание каналов растительностью, заиление и засорение, возведение не предусмотренных проектом съездов, засорение водоперепускных труб, их умышленное повреждение или демонтаж. Для закрытой – засорение смотровых колодцев и дренажных труб, повреждение внешнего оборудования дренажа при проведении работ по эксплуатации золоотвала, умышленное повреждение и хищение внешнего оборудования, зарастание труб корнями, кальцитовые отложения в дренажных трубах.

Работоспособность дренажной системы определялась комплексно визуальным осмотром, натурными измерениями и гидравлическим моделированием.

Выводы. В настоящее время основная часть дренажной системы дамб первого и второго ярусов находится в ограниченно работоспособном состоянии: степень засорения и заиления существенно влияет на её работоспособность. Хотя в отдельные периоды в отдельных скважинах уровень воды поднимается выше критических значений, разработанных для рассматриваемого золоотвала, реконструкция этих элементов пока не требуется – в отличие от дренажа в основании ограждающей дамбы. Согласно заключениям Годового отчёта [3] и собственным наблюдениям, в основании ограждающей дамбы первого яруса выявлены критические участки, требующие реконструкции. Новизна проведённого исследования заключается в системной оценке работоспособности дренажной системы – с сочетанием визуальных обследований, полевых измерений и гидравлического моделирования, что позволило точно выделить конкретные критические участки, нуждающиеся в реконструкции. Кроме того, в работе предложены практические меры по реконструкции системы и снижению антропогенных рисков.

Литература

1. Павлов С.Х., Оргильянов А.И., Бадминов П.С., Крюкова И.Г. Фильтрационные утечки из золошлакоотвала и их взаимодействие с геологической средой // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2014. Т. 7. С. 100–115.
2. Сергеев В.И., Шимко Т.Г., Свиточ Н.А. Литолого-фациальный анализ при оценке защищённости подземных вод на участке складирования токсичных отходов (на примере Омской ТЭЦ-4) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2008. № 4. С. 342–349.
3. Гидрогеологические наблюдения за режимом грунтовых вод на золоотвале № 2 обособленного подразделения АО «СГК-Новосибирск» Новосибирская ТЭЦ-5: годовой отчет за 2025 г. Новосибирск: НФ АО «СибИАЦ», 2026. 126 с.

УДК 72:004.08

ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ КОМПЕТЕНЦИЙ АРХИТЕКТОРА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лушникова М.Д., Гареева Р.Э.
Научный руководитель: доц. Дмитриева Н.Н.
Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия
marinald2003@gmail.com, gobyvalter@gmail.com

Развитие генеративного ИИ трансформирует проектирование: роли в бюро изменяются, а набор профессиональных навыков быстро растет. В отличие от САПР и BIM, оптимизировавших координацию и выпуск документации [1], генеративный искусственный интеллект становится активным участником поиска формы и концептуальных решений [2]. Деятельность архитектора смещается от вычерчивания к параметризации граничных условий и проверке моделей. Из-за этого возникает практическая проблема: привычное разделение обязанностей в проектных командах и традиционные навыки специалистов перестают соответствовать новым реалиям работы с алгоритмами.

Решением становится перестройка ролевой структуры проектного бюро [2]. Рутинное 2D- и 3D-моделирование постепенно вытесняется генерацией. Для младшего архитектора ключевыми становятся промпт-инжиниринг, связка текстовых запросов с параметрическими средами (Rhino, Grasshopper) и подготовка датасетов – наборов данных для анализа, исследований или обучения моделей. Ведущий архитектор фокусируется на экспертной проверке сгенерированных решений: устранении нереализуемых геометрий, контроле соответствия СП, СНиП и строительной механике. А главный архитектор проекта (ГАП) переходит от контроля графики к стратегической оценке – градостроительной, контекстуальной и экономической состоятельности концепта. Такая организация работы подтверждается реальной практикой: подразделение ZHA CODE бюро Zaha Hadid Architects применяет глубокое обучение для генерации паттернов и геометрической оптимизации поверхностей под панелирование [3]; группа ARD у Foster + Partners использует нейросетевые модели для мгновенного предварительного расчета микроклимата и аэродинамики (CFD) на ранней стадии [4]; а сервис Autodesk Forma автоматизирует мастер-планирование и инсоляционный анализ на основе оптимизационных матриц.

Опыт этих проектов наглядно показывает, какие компетенции требуются современному архитектору. Их можно объединить в три группы: технологические (Advanced Digital) – управление геометрией через карты глубин и нормалей (DepthMap, ControlNet), разметка данных (Data Literacy), написание скриптов интеграции в BIM (Python, Dynamo, Grasshopper); экспертно-аналитические (Hard Critical) – нормативно-конструктивная экспертиза, оценка жизненного цикла и углеродного следа (LCA), расчет путей эвакуации и пожарных разрывов; стратегические и коммуникативные (Soft & Ethical) – отбор удачных вариантов, аудит авторских прав и безопасность проектных данных при работе с облачными API. Отсюда следует главный вывод для высшей школы: образовательные программы необходимо обновлять, сокращая часы на базовую визуализацию в пользу строительной физики, алгоритмического проектирования и обратного анализа (reverse engineering) сгенерированных форм [1].

Литература

1. Талапов В. В. Технология BIM. Информационное моделирование зданий для архитекторов и инженеров. М.: ДМК-Пресс, 2017. 368 с.
2. Leach N. Architecture in the Age of Artificial Intelligence. London: Bloomsbury Visual Arts, 2021. 200 p.
3. Schumacher P. Parametricism 2.0 // Architectural Design. 2016. Vol. 86. No. 2. P. 8-17.
4. Tarabishy S. et al. Deep learning surrogate models for spatial connectivity // IJAC. 2020. Vol. 18. No. 4. P. 441-458.

УДК695.098:504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Макаренко К.О., Михеев А.С.
Научные руководители: канд. тех. наук, доц. Ахматова Н.П., канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
g00gl0master@gmail.com

Использование вторичных материалов таких как резиновая крошка может как снизить объёмы захоронения изношенных автомобильных шин, так и обладать рисками. Одним из перспективных вариантов является её применение в качестве добавки в строительных материалах. Это показывает зарубежный опыт, который можно исследовать, чтобы рассмотреть плюсы и минусы резиновой крошки.

Практический опыт её применения рассмотрим на примере США. Федеральное управление автомобильных дорог США (FHWA) исследовало практику применения модификатора из резиновой крошки (Crumb Rubber Modifier, CRM) в штатах Аризона, Калифорния и Флорида. В основном её используют в смесях, как функциональное уплотнение и в некоторых случаях при структурном уплотнении существующих дорог.

В штате Флорида резиновую крошку использовали в качестве конечного слоя дорожного покрытия для обеспечения характеристик его сцепления. Департамент транспорта штата Аризона использует резиноасфальтовые смеси снижения для отраженного растрескивания, повышения долговечности слоев износа и снижения уровня шума в городских районах. Смеси с различной гранулометрией используются для ремонта дорог с высоким уровнем износа и сильно разрушенных дорог, но также применяются и на федеральных трассах. Форма поставки старых шин на завод зависит от возможностей перерабатывающего комплекса, они могут быть как целые, разрезанные или дробленые. Транспортировка цельных шин неэффективна из-за их объема. Нарезка или разделение покрышек на части делает их более удобными для перевозки и перемещения по цеху. Оставшиеся отходы, из-за их небольшого размера и, зачастую, высокого качества, обычно направляются на другие процессы производства резиновых изделий. Качество сырья является критическим фактором при производстве качественной резиновой крошки и ответственность за это лежит на переработчике [1]. В другом Американском исследовании сказано об острой токсичности от воздействия асфальтовых паров на рабочих, неоднократного раздражения глаз и верхних дыхательных путей, но частота их возникновения была выше у группы рабочих, подвергающихся воздействию асфальта типа CRM [2].

Рассмотрим Европейский опыт использования резиновой крошки на примере исследования Рижского технического университета с позиции жизненного цикла, экологических воздействий и энергопотребления. Используя CR в качестве связующего, тем самым уменьшая воздействие на окружающую среду и потребление энергии в течение всего жизненного цикла. Результаты показывают, что дорожное покрытие, изготовленное из модифицированного асфальта с использованием резиновой крошки, должно иметь срок службы на 2-4 года дольше, чем покрытие из асфальтобетона, тонкослойного асфальтобетона или щебеночно-мастичного асфальтобетона, которое будет более устойчивым в некоторых или всех параметрах устойчивости [3].

Подводя итоги, можно сказать, что использование резиновой крошки в строительстве неоднозначно.

С одной стороны это экономически может быть более затратно и влияет на здоровье рабочих сильнее, а с другой она может продлевать срок службы дороги может быть использована для их ремонта. Поэтому нужно и дальше проводить множество технических и практических исследований.

Литература

1. Hicks R.G., Lundy J.R., Leahy R.B., Hanson D., Epp sJ. Crumb Rubber Modifiers (CRM) in Asphalt Pavements: Summary of Practices in Arizona, California, and Florida. FHWA-SA-95-056. Washington, D.C.: Federal Highway Administration, 1995. 120 p.
2. Burr G.A., Feng H.A., Miller A.K., Olsen L.D., Tepper A.L. Health Hazard Evaluation Report: HETA, 2001-0536-2864: Crumb-Rubber Modified Asphalt Paving: Occupational Exposures and Acute Health Effects. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health, 2002. 51 p.
3. Riekstins A., Haritonovs V., Straupe V. Economic and environmental analysis of crumb rubber modified asphalt // Construction and Building Materials. 2022. Vol. 335. Article 127468. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127468.

УДК 624.048

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ УСЛОВНОЙ РАМЫ-БЛОК ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ В ПРОГРАММЕ JBK

Матковский Д. Н.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Алешина Е. А.
Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия
Denmat83@mail.ru

Для металлургической, машиностроительной, легкой и других отраслей промышленности возводят одноэтажные каркасные здания. Особенность таких зданий – оборудование их мостовыми и подвесными кранами.

Сетка колонн одноэтажных каркасных зданий с мостовыми кранами в зависимости от технологии производственного процесса может быть 12×18, 12×24, 12×30 м или 6×18, 6×24 м [1]. Шаг внутренних рядов колонн зачастую принимают 12 м. При этом, шаг наружных колонн может быть 6 м.

В связи с этим, расчетная грузовая площадь увеличивается в продольном направлении до 12 м для учета сбора крановых нагрузок среднего ряда.

Такая схема получила название – условная рама-блок (рис. 1а). В нее входят по две колонны крайних рядов и одна колонна среднего ряда. Таким образом, учтено, что по крайним рядам блока работает одна колонна по оси блока и две половины, расположенные по границам блока [2].

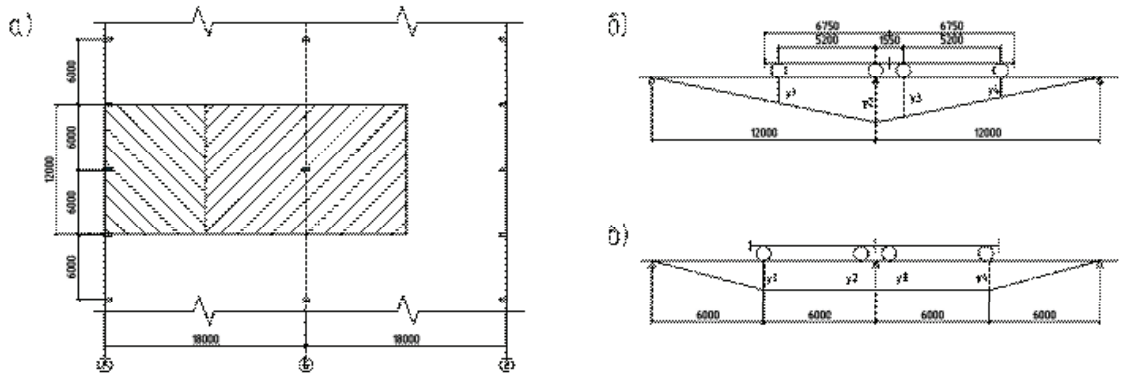


Рисунок. *Схемы к расчету условной рамы-блок: а – грузовые площади крайних и средних колонн; б, в – схемы к определению крановых нагрузок по среднему и крайнему ряду колонн соответственно. Разработано автором*

При проектировании двухпролётного одноэтажного здания механического цеха в городе Новокузнецке при сборе нагрузок была применена условная рама-блок. Проектируемое здание одноэтажное, двухпролётное с мостовыми кранами. Оба пролета по 18 м. Размеры в плане 120×36 м. Шаг крайних колонн 6 м, среднего ряда 12 м.

Принципиальные особенности при таком методе расчета заключаются в следующем:

– при сборе нагрузок, определении моментов инерции сечений колонн, а также и непосредственно при статическом расчете условной рамы блока по крайним рядам учитываются по две колонны, но при подборе продольной арматуры для колонн этих рядов расчетные усилия M и N уменьшаются вдвое;

– схемы расчета крановых нагрузок по линиям влияния на крайних и средних рядах колонн различны.

Для среднего ряда колонн расчетная геометрическая длина равна 24 м (рис. 1 б). Для крайнего ряда колонн грузовая площадь захватывает 3 колонны, поэтому схема расчета крановой нагрузки отличается (рис. 1 в). Расчет прочности ведут по расчетной нагрузке от двух сближенных мостовых кранов одинаковой грузоподъемности по линиям влияния, располагая одну силу в вершине линии влияния. Максимальные усилия определяют суммированием произведений сил на соответствующие им ординаты.

Литература

1. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.
2. Заикин А. И. Железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий: (примеры расчёта): учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 653500 «Строительство». М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. 272 с.

УДК 004.738.5:004.6

«УМНЫЙ ГОРОД» КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Михалева Д.С. Пыльцова А.О.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
arinapylcova@gmail.com, dasha.mikhaleva.2007@mail.ru

В современных условиях стремительного развития информационных технологий особую значимость приобретает их внедрение в управление городской инфраструктурой. Цифровизация городского хозяйства становится ключевым фактором повышения качества жизни населения и создания устойчивой городской среды. IT-сфера постоянно развивается, появляются технологии, которые позволяют закрыть потребность в создании устойчивой, а главное, доступной инфраструктуры. Целью данной работы является анализ концепции «умного города» как комплексного решения по оптимизации городского управления с помощью современных информационных технологий. В рамках исследования рассмотрим структуру умного города, основные технологические решения, принципиальные риски и пути их минимизации.

«Умный город» – это система управления городской средой, основная задача которой – обеспечение безопасности и эффективное управление городской инфраструктурой с помощью современных информационных технологий. Интеграция инновационных решений позволяет оптимизировать работу коммунальных служб, улучшить транспортную логистику и создать комфортные условия для жизни горожан. Системы умного освещения, интеллектуального управления отходами, мониторинга экологической обстановки и безопасности становятся неотъемлемой частью современного городского пространства.

Ключевые компоненты системы включают: IoT-технологии, Big Data, искусственный интеллект (ИИ) и цифровые сервисы для населения. IoT – это сеть взаимосвязанных физических объектов, оснащенных датчиками и вычислительными устройствами, которые могут собирать и передавать данные в облако по беспроводной сети без прямого участия человека, что позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать чрезвычайные ситуации. Big Data – массив данных, включающий информацию о работе городских систем, движении общественного транспорта, уличном освещении, уровне шума, состоянии окружающей среды и т. д. [1]. Для оптимизации данных процессов важную роль приобретает искусственный интеллект. ИИ решает задачи управления энергопотреблением, беспилотным такси и роботизированной доставкой, осуществляет мониторинг трафика движения общественного транспорта и другие функции жизни города [2]. Следующим аспектом развития «умных городов» является создание удобных цифровых сервисов для жителей, включая электронные услуги, мобильные приложения для взаимодействия с городской инфраструктурой и системы обратной связи [3]. При этом успешная реализация концепции умного города невозможна без тесного взаимодействия всех участников процесса: городских властей, технологических компаний, бизнеса и самих жителей. Только комплексный подход к цифровизации городской среды может обеспечить достижение поставленных целей и повышение качества жизни населения.

Одним из наиболее развитых умных городов является Иннополис. В нем внедряются элементы умного дома, беспилотный транспорт, автоматизированные системы управления. В Москве осуществляется комплексный подход к цифровизации городской среды. Региональные проекты «Smartcity» применяются по всей России от Калининграда до Владивостока. Однако передача управления системами умного города ИИ влечет за собой риски: кибератаки, утечки конфиденциальной информации и сбои в работе платформ. Снижению рисков способствует постоянное усовершенствование и доработка цифровых технологий.

Концепция умного города представляет собой фундаментальный подход к трансформации городской среды, основанный на интеграции современных технологий. Успешная реализация данной концепции требует комплексного подхода, включающего развитие технологической инфраструктуры, подготовку квалифицированных специалистов, обеспечение информационной безопасности и активное взаимодействие всех участников процесса. Главным критерием эффективности умного города является не количество внедренных технологий, а их способность повышать качество жизни населения при обеспечении финансовой эффективности и безопасности системы.

Литература

1. Артыкова А., Гулмаммедова Б., Ораев К. Город будущего: технологии умных городов и их влияние на жизнь горожан // Матрица научного познания. 2024. № 4. URL: https://os-russia.com.
2. Сян, Хуайчэн. Архитектура и технологическая поддержка умных городов: опыт строительства умного города из Китая. Информация – Коммуникация – Общество : матер. Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. Ф. Иванова. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ, 2025. С. 413–417. ISBN 978-5-7629-3439-8.
3. Самсонов Ф. В., Уткова М. А. Современные технологии управления городом: «умные» города, «умные» сети, «умные» водопроводы и системы освещения, управление отходам // Экономика. Менеджмент. Арктика: V Студ. науч.-практ. конф. : материалы конф. / под общ. ред. А. Ю. Распопова. Мурманск : ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», 2024. С. 97–102.

УДК 627.52

ОПТИМИЗАЦИЯ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОСОТ

Михеев А.С., Макаренко К.О.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Ахматова Н.П., канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

zero228am@gmail.com, g00gl0master@gmail.com

В строительстве, в частности при берегоукреплении, в основном применяют железобетонные конструкции, но в перспективе возможно использование гибких конструкций, которые не уступают по качеству и характеристикам железобетонным [1]. В представленной работе, предлагается модернизация берегоукрепительных сооружений, с заменой железобетонных плит на объемные геосоты с заполнением местными материалами, для таких населенных пунктов, как деревня Абрашино, село Антоново и село Спирино в Новосибирской области. За основу взят существующий проект аналог, в котором представлен анализ динамики переработки берегов Новосибирского водохранилища [2].

Мониторинг и анализ динамики размыва береговой линии выполнен на основе архивной спутниковой информации со спутника «CORONA» от 15.08.1968 г. (архивы которого были рассекречены в 1969 г.), в сравнении со снимками космического аппарата «Канопус-В» от 05.08.2014 г. Участки были выбраны по результатам обследования берегов, проведенного в 2016 г. Расчет прогнозируемого ущерба выполнен на основе методики ВИЭМС [3] 2006 г. по средней переработке берега, которая была рассчитана с помощью аналитического метода сравнения спутниковых снимков. Расчет выполнялся за период эксплуатации водохранилища с 1959 г. и на период эксплуатации берегоукреплений.

Замена железобетонных плит на георешетку позволяет при незначительных изменениях характеристик берегоукрепительного сооружения уменьшить итоговую стоимость объекта строительства за счет снижения затрат на оборудование, логистику и установку. Из положительных качеств геосотовых материалов можно выделить устойчивость к локальным просадкам и морозному пучению, экологичность материала, не нарушающего гидрологический режим берега, а также допускает возможность озеленение поверхности сооружения.

Расчет экономической эффективности выполнен в рамках методики оценки вероятности ущерба от вредного воздействия вод с пересчетом на текущий уровень цен [3]. Итоговая стоимость берегоукрепления с применением геосотов существенно ниже по сравнению с объектом аналогом, выполненным с использованием железобетонных плит.

С помощью снижения цен на объект аналог, в перспективе можно добиться снижения размыва чаши Новосибирского водохранилища и применить объект аналог для других населенных пунктов. А в зонах с повышенными нагрузками целесообразно использование комбинированного метода строительства, как с гибкими геосотовыми конструкциями, так и с жесткими железобетонными.

Таким образом, использование геосотовых конструкций позволяет экономить бюджет и возводить берегоукрепительные сооружение, не снижая их характеристик, что является технически и экономически обоснованным.

Литература

1. ОДМ 218.032-2013. Методические рекомендации по применению геосотовых материалов при укреплении откосов. М: Росавтодор, 2013. 72 с.
2. Савкин В.М. Анализ основных негативных последствий эксплуатации Новосибирского водохранилища // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 2. С. 123–127.
3. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий. М., 2006.97 с.

УДК 658.512.011.56

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ И РАСЧЕТНОЙ ГЕОМЕТРИИ НА ОСНОВЕ IFC-МОДЕЛЕЙ И PDF-ЧЕРТЕЖА

Наумов В.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

zvector2310@mail.ru

Актуальность темы связана с тем, что данные о металлоконструкциях в проектной практике одновременно присутствуют в информационных моделях и в чертежах PDF. IFC-модель содержит геометрию и свойства элементов, но не всегда передается вместе с рабочей документацией. PDF-чертеж удобен для согласования и архива, однако для программы он остается в основном визуальным документом: размеры, марки, таблицы и штампы требуется дополнительно извлекать и проверять. Поэтому ручной перенос данных в спецификации, расчетную модель и производственные таблицы остается трудоемким и подверженным ошибкам [1, 2].

Целью работы является разработка программного подхода к автоматизированному извлечению данных о металлоконструкциях из IFC-моделей и PDF-чертежей для формирования спецификаций, производственных CSV-файлов и подготовки расчетной геометрии для расчетной программы. В отличие от узкого парсинга одного формата, предлагаемая тема рассматривает единый конвейер обработки: цифровая модель используется как структурированный источник, а PDF-чертежи – как дополнительный или единственный источник данных при отсутствии IFC.

В проекте целесообразно выделить две ветви обработки. Ветвь IFC выполняет чтение элементов металлоконструкций, материалов, профилей, геометрических размеров и осевых линий. Ветвь PDF предварительно классифицирует страницу как векторную, растровую или гибридную, извлекает текстовый слой и таблицы, а для сканов применяет OCR. Для повышения устойчивости обработки сканов может использоваться детекция значимых областей чертежа: штампа, спецификации, видов и узлов. Такой подход согласуется с работами, где модель YOLOv8 применяется для поиска штампа инженерного документа, после чего текст извлекается средствами OCR [3, 4].

Предлагаемая структура алгоритма включает техническую проверку файла, извлечение примитивов и текста, поиск таблиц спецификаций, распознавание марок и размеров, расчет площадей и массы по типу профиля, формирование промежуточной модели данных и этап инженерного подтверждения. Для PDF-чертежей важна не только точность OCR, но и сохранение доказательной связи с исходным листом: для каждого найденного значения должны храниться номер страницы, координаты области, способ извлечения и статус проверки. Это позволяет не подменять инженерную интерпретацию догадкой алгоритма.

Результатом работы является прототип программного комплекса, который формирует черновые спецификации, таблицы сборок, производственные CSV-файлы, отчет проверки и геометрию стержневой схемы в виде DXF/CSV для последующей передачи в расчетную программу. Для производственного выпуска предусматривается отдельный режим подтверждения: строки с неполной геометрией, неоднозначными размерами или неподтвержденными осями не должны автоматически попадать в итоговые данные. Такой принцип особенно важен для КМ и КМД-документации, где ошибка в марке, длине или количестве может привести к неправильной ведомости и производственному браку.

Научно-практическая значимость работы состоит в объединении методов BIM-анализа, обработки PDF-документов, OCR и правил инженерной проверки в одном воспроизводимом конвейере. Дальнейшее развитие проекта может включать обучение YOLO-модели для локализации штампов и таблиц КМ/КМД, подключение PaddleOCR для сложных сканов, расширение каталога профилей и настройку экспорта под требования конкретной версии расчетной программы. При этом ключевым ограничением остается необходимость ручного контроля спорных данных, так как PDF-чертеж сам по себе не содержит полной семантики расчетной модели [5].

Литература

1. ГОСТ Р 21.101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М.: Стандартинформ, 2020.
2. ГОСТ 2.307-2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений. М.: Стандартинформ, 2012.
3. Кузьменко Е.О., Агалаков Н.И., Гаряев Н.А. Система интеллектуальной обработки сканов инженерных документов // Будущее строительной отрасли: вызовы и перспективы развития: сб. тр. Третьего Междунар. науч.-практ. симпозиума. М.: МИСИ-МГСУ, 2025. С. 465-468.
4. Ultralytics YOLOv8 Documentation. URL: https://docs.ultralytics.com.
5. buildingSMART International. Industry Foundation Classes. URL: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/.

УДК 622.271:504.06

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ И УСЛОВИЙ ДОБЫЧИ ОБВОДНЕННЫХ И СКЛОННЫХ К ОБВОДНЕНИЮ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Непомнящих Е.А.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Бобыльская В.А., канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
ekaterinka2022@mail.ru

Значительная часть месторождений природного камня, эксплуатирующихся в России, подвержена обводнению. Осушение карьеров ведет к истощению водоносных горизонтов, нарушению режима рек, загрязнению поверхностных вод и деформации земной поверхности, а традиционный водоотлив требует больших энергозатрат [1]. Подводная добыча земснарядами и концепция экологически сбалансированного цикла снижают себестоимость и экологический ущерб, что делает изучение условий добычи на обводненных месторождениях актуальным. Цель работы – изучение особенностей технологий и условий добычи на обводненных и склонных к обводнению месторождений твердых полезных ископаемых для обоснования решений, направленных на исключение энергозатратного водоотлива, повышение устойчивости бортов затопляемых карьеров, минимизации негативного воздействия на водные ресурсы и разработку программы экологического мониторинга.

Объект исследования – карьер «Борок» (Октябрьский район г. Новосибирска), разрабатывающий гранитоиды и роговики на строительный камень и эксплуатирующийся с 1908 г. В гидрогеологическом отношении на месторождении выделены два водоносных горизонта – аллювиальных и палеозойских отложений; режим подземных вод связан с режимом р. Ини. Для изучения объекта применен комплекс методов: анализ и обобщение литературы, классификация, натурные наблюдения, полевые и лабораторные гидрогеохимические исследования. На объекте выполнено определение pH, Eh, температуры, содержания растворенного кислорода и гидрокарбонат иона, анализ проб воды карьера выявил жесткость 2,2 мг-экв./л (мягкая), щелочность 13 мг-экв./л; воды содержат природные радионуклиды и относятся к классу очень слаборадоновых [2]. Расчетный водоприток в карьер на конец отработки составляет 9627 м^3/сут., из которых 8130 м^3/сут. поступает из пород палеозоя. Анализ данных откачек выявил более чем двукратное завышение проектных объемов водопритока по сравнению с фактическими, особенно в летние месяцы [3, 4].

Научная значимость и новизна исследования заключаются в том, что для данного месторождения проведена комплексная оценка водопритока с учетом сезонной динамики; выявлены закономерности формирования депрессионной воронки радиусом 3205 м (что требует особого внимания к охране подземных вод); установлены особенности взаимосвязи водоносных горизонтов с поверхностными водами. Для условий карьера «Борок» проведено моделирование водопритока с учетом сезонных колебаний; выявлены особенности взаимодействия водоносных горизонтов; определены оптимальные параметры эксплуатации водопонижающих систем. Показано, что исключение процессов осушения снижает себестоимость добычи и энергопотребление. Устойчивость бортов затопленного карьера на 25-40 % выше, что позволяет увеличить угол откоса, снизить коэффициент вскрыши и уменьшить объем нарушенных земель. Предложенная концепция экологически сбалансированного цикла предусматривает наиболее полное извлечение полезного ископаемого, обязательную утилизацию отходов в выработанных пространствах и замкнутый оборот воды, воздуха и минеральных веществ в пределах горнотехнической системы. Важным аспектом является формирование заданных технологических свойств техногенных смесей при их размещении в выработанном пространстве.

Освоение обводненных месторождений с применением подводных технологий обеспечивает ресурсосбережение за счет исключения водоотлива, буровзрывных работ и сокращения стадий дробления. Затопление выработанного пространства повышает устойчивость бортов и снижает коэффициент вскрыши и объем нарушаемых земель. Концепция экологически сбалансированного цикла с замкнутым оборотом воды и утилизацией отходов минимизирует воздействие на гидро-, атмо- и литосферу. Результаты химического и радиологического анализа дренажных вод необходимы для оценки экологической безопасности и совершенствования программ мониторинга.

Литература

1. Буткевич Г.Р., Одабан-Фард В.В. Проблемы разработки обводнённых песчано-гравийных месторождений // Горная промышленность. 2012. № 4 (104). С. 112–114.
2. Гидрогеологические особенности разработки карьера Борок (город Новосибирск) / Сухорукова А.Ф., Новиков Д.А., Черкасов А.А., Деркачев А.С. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2021. Т. 2, № 1. С. 246–253.
3. Бабаев А.Г., Гасанов Р.Г., Алиев А.Д. Особенности разработки обводнённых месторождений с применением подводной добычи // Горный журнал. 2020. № 8. С. 56–61.
4. Васильев А.В., Петров С.Б. Гидрогеологические исследования при разработке месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 2021. 248 с.

УДК 72.03+004.9

БИБЛИОТЕКА ЧЕРТЕЖЕЙ НАЛИЧНИКОВ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В BIM-МОДЕЛЯХ

Никифорова П.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Захарова Г.Б.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н. С. Алферова, Екатеринбург, Россия

polina-nikiforova-00@list.ru, zakharova@usaaa.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранения исчезающих памятников деревянного зодчества в цифровом формате. Информационное моделирование позволяет зафиксировать виртуальный облик объекта во всех подробностях и служит важным инструментом при исследовательской и реставрационной работе. Целью данной работы является создание библиотеки декоративных элементов на основе уральской традиционной архитектуры и технологии ее импорта в BIM-проекты.

Дома на Урале строили из бруса, часто двухэтажными, с обязательным подклетом для мастерских.

К XX веку сложились основные типы: «двужирные» шестистенные, «прикамые» избы со связью, дома с сенями и боковым двором «приделом». Северные избы ставили на высоких подклетах с двухъярусными дворами, в средней полосе ближе к земле, что определяло разную декоративную нагрузку. Визуальный образ дома делился на крышу, сруб с окнами и подклет. Масштаб средней части достигался группировкой окон и наличников, которые оптически уменьшали промежутки между ними, обозначали достаток и служили оберегом. Традиция украшения возникла на языческой основе: символы солнца, дождя и растений наносились для защиты от зла.

Со временем культовый характер резьбы утратился, уступив эстетике[1].

Наличники Урала делятся на типы по стилю и декору (см. рисунок). Первый – условно простые (50–60-е гг. XIX в.): лобовая доска, боковые стойки и подоконная доска, декор только на фронтоне (глухая резьба). Второй – с прямым карнизом (конец 60-х гг. XIX в.): высокая подкарнизная доска (фриз) с узорами, повторяющимися на подоконной доске и тягах, часто со солярными знаками. Третий – с изогнутой лобовой доской и упрощенным карнизом: верх изгибается вместе с окном, характерны кронштейны, башенки и пропильная резьба. Четвертый – с валютообразным завершением (80–90-е гг. XIX в.): карниз усложнен небольшими валютами. Пятый – с раскрепованным фронтоном (конец 90-х гг. XIX в.): сквозная резьба и ажурные элементы, распространён в Ирбитском районе [2]. Основные элементы наличника: карниз, притолока, очелье, ставни, подоконная доска и вертикальные тяги.



Рисунок. *Основные группы наличников [3]*

Разработка библиотеки наличников. Первый этап работы заключается в структуризации информации по деревянному декору на основе анализа источников по уральскому зодчеству. Создаётся универсальная информационная библиотека наличников, предназначенная для использования в BIM-проектах. Каждый элемент библиотеки представляет собой параметрическую BIM-модель, содержащую не только геометрию, но и атрибутивную информацию: тип наличника, регион, период, элементы декора, материалы. Это позволяет использовать библиотеку не только для визуализации, но и для исследовательской работы и реставрационного проектирования.Технология импорта в BIM-проекты предполагает интеграцию внешней библиотеки в среду российского программного обеспечения Renga. Апробация технологии ведётся на примере студенческого проекта музейно-туристического комплекса старинных народных ремесел «Город ремесленников». Библиотека наличников формируется на базе существующих оконных обрамлений Уральского региона.

В результате проведённого исследования будет разработана библиотека моделей наличников для интеграции в информационные модели Renga, Model Studio CS, NanoCADBIM. Библиотека станет наглядным объектом для просветительской деятельности, инструментом для научного исследования, практического применения в реставрации и создании новых концептуальных проектов.

Литература

1. Максяшин А. С. Окон резное украшенье: наличники Урала: методическое пособие. Екатеринбург, 2011. 36с.
2. Крутеева Ю. Об уральских наличниках. Часть 1 // Художественно-исторический музей «Невьянская икона». URL: https://ekaterinburg.guide/ob-uralskih-nalichnikah-chast-pervaya
3. Бубнов Е.Н. Русское деревянное зодчество Урала. М.: Стройиздат, 1988. 188 стр.

УДК 627.8.034.93

ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ЗОЛООТВАЛА НОВОСИБИРСКОЙ ТЭЦ-4

Панкратова С.А., Лещенко Н.С.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Бобыльская В.А., ст. преп. Лещенко С.И.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
sonyapankratova04@gmail.com, leschenkonikolay@mail.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений в условиях превышения критериальных показателей безопасности. Своевременное выявление и устранение факторов, влияющих на развитие деструктивных процессов в конструкциях, приобретает особую значимость, поскольку превышение критериальных показателей свидетельствует о нарушении проектных параметров эксплуатации и требует комплексного анализа причин, иначе состояние сооружения может перейти в предаварийное [1, 2].

Цель работы. При превышении критериальных показателей безопасности проверить работоспособность контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), оценить допустимость эксплуатации сооружения и необходимость корректировки критериальных значений.

Анализ данных многолетних наблюдений колебания уровней воды в теле ограждающей дамбы золоотвала Новосибирской ТЭЦ-4 с 2020 года по 2024 год [3] позволяет выделить три группы скважин: группа 1 – скважины П5-6, П5-7 и П5-2 на низовых откосах 1 и 4 ярусов ограждающей дамбы, тенденции в них к понижению или повышению отсутствует, уровни довольно стабильны; группа 2 – скважины П5-1, П5-3 и П5-4 на гребне 4 яруса, гребне и низовом откосе 2-3 яруса, первые три года в данных скважинах нет четкой тенденции, наблюдаются резкие повышения со сдвигом относительно друг друга, во второй половине наблюдаемого периода уменьшается амплитуда колебаний и наблюдается тенденция к повышению; группа 3 – скважина П5-5 на гребне 1 яруса, первые 3 года наблюдается тенденция к понижению, затем происходит резкий скачок и далее прослеживается тенденция к повышению. Замеры глубин в скважинах позволяют контролировать фильтрационный режим в теле дамбы, выявлять проблемные зоны, оценивать работу дренажной системы, прогнозировать риски и корректировать режим эксплуатации. На рисунке представлены совмещенные графики колебаний глубин в скважинах П5-1 и П5-2, на которых проведена линия, соответствующая критериальному значению К2 [4].



Рисунок. *Совмещенные годовые графики колебания глубин в скважинах П5-1 и П5-2. Разработано авторами*

В скважине П5-2 уровни воды практически стабильны, превышений критерия не выявлено. В скважине П5-1 зафиксированы превышения К2=199 – 5, 12 и 20 апреля 2022 г. (201,5; 200,31; 199,67 соответственно). Согласно п. 113 приказа Ростехнадзора от 08.05.2024 № 151 превышение критерия К2 свидетельствует о развивающихся деструктивных процессах на ГТС: эксплуатация в проектных режимах недопустима, необходимо выявить причины и проверить надежность и безопасность сооружения.

Выводы по работе. Анализ причин появления экстремальных значений показал, что основным фактором увеличения глубин воды в скважинах является климатический – инфильтрация атмосферных осадков. Выявлено недостаточное функционирование дренажной системы и отсутствие организованного сбора поверхностного стока. Для эксплуатации сооружения в проектном режиме необходимо провести реконструкцию дренажной системы, организовать сбор поверхностного стока и рассмотреть корректировку критериальных значений с учётом климатических факторов.

Литература

1. Желанкин В. Г. Определение вероятностного уровня риска аварии дамбы золошлакоотвала по условию устойчивости откосов и подход к назначению критериев безопасности // МНИЖ. 2021. №12-1 (114).
2. Федоров И.А., Усманова Л.И. Оценка современного эколого-гидрогеологического состояния и прогноз его изменения на территории размещения золоотвала Читинской ТЭЦ-1 (Восточное Забайкалье) // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2023. № 5. С. 52-64.
3. Гидрогеологические наблюдения за режимом грунтовых вод на золоотвале № 3 обособленного подразделения АО «СИБЭКО» Новосибирская ТЭЦ-4: годовые отчеты за 2020-2024 гг.: тех. отчет. Новосибирск, 2020-2024. 150 с.
4. Критерии безопасности гидротехнических сооружений золоотвала № 3 обособленного подразделения АО «СИБЭКО» Новосибирская ТЭЦ-4. Новосибирск : ОП АО «СИБЭКО», 2019. 120 с.

УДК627.33.001.24

ПРОДЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРИЧАЛА ЗА СЧЕТ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ: РАСЧЕТ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Пермичев Я.А.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В., ст. преп. Кофеева В.Н.
Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия
a.v.mazgaleva@nsawt.ru

Причал базы ГСМ в п. Приобье эксплуатируется свыше 40 лет в условиях переменных уровней воды реки Обь, ледовых нагрузок и агрессивного воздействия нефтепродуктов. Натурное обследование выявило коррозию стальных элементов до 40 % сечения, отклонение головы шпунтовой стенки от вертикали на

15 мм и снижение коэффициента запаса устойчивости ниже нормативного [1]; дальнейшая эксплуатация без усиления создает риск аварийного состояния сооружения.

Цель работы – разработка технически обоснованного и экономически целесообразного решения по модернизации причала, обеспечивающего восстановление его несущей способности и долговечности.

Условия эксплуатации причала. Расчетный уровень воды 27,83 м БС (Балтийская система высот), толщина льда до 1,2 м, скорость течения 2,5 м/с. Грунты основания – мягкопластичные суглинки мощностью 6–8 м, подстилаемые плотными песками. Нормативная судовая нагрузка – 2000 т, класс сооружения – III. Ультразвуковым контролем обследованы 24 шпунтины, составлена ведомость дефектов [1]. Поверочный расчет по фактическим сечениям показал: изгибающие напряжения в шпунте превышают расчетное сопротивление стали на 18 %, коэффициент устойчивости основания – 0,92 при нормативном 1,1.

При выборе конструктивных решений рассмотрены три варианта [2]: гравитационная стенка из массивов-гигантов, требующая полного демонтажа существующей стенки и максимального расхода материалов, – наименее ресурсосберегающая; монолитная железобетонная стенка на свайном основании, также исключающая повторное использование конструкций, но с меньшей материалоёмкостью; одноанкерный больверк из шпунта Л5-УМ, обеспечивающий включение существующих конструкций в новое расчётное сечение при минимальном объеме подводных работ, – наиболее ресурсосберегающий. По критериям надежности, технологичности и стоимости принят вариант одноанкерного больверка, обеспечивающий оптимальное распределение усилий в системе «стенка-анкер-грунт».

Статический расчет выполнен графоаналитическим методом Блюма-Ломейера: расчетная глубина погружения шпунта – 7,5 м, максимальный изгибающий момент – 420 кН•м/м, усилие в анкерной тяге – 180 кН/м. Принят шпунт Л5-УМ ($W = 1500$ см^3/м), анкерные тяги диаметром 56 мм из стали 09Г2С.

Проверка общей устойчивости выполнена по методу Крея-Терцаги (по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения). Минимальный коэффициент запаса составил 1,02 при нормативном 1,1

(СП 58.13330.2019), поэтому предусмотрена пригрузка из каменной наброски в зоне низовой грани. Реконструкция принята по П-образному контуру: лицевая стенка из шпунта Л5-УМ, анкерная стенка из шпунта ШК-1, тяги диаметром 56 мм. На шпунт наносится эпоксидное антикоррозионное покрытие [3]. Расчетный срок службы сооружения – 50 лет (СП 38.13330.2018).

Выводы: обследование подтвердило аварийное состояние причала – коррозию шпунта до 40 %, снижение коэффициента устойчивости до 0,92; принятое решение – одноанкерный больверк из шпунта

Л5-УМ с использованием существующих конструкций – обеспечивает требуемую несущую способность и устойчивость, реализуя принцип максимального ресурсосбережения: сохранение до 60 % сечения старых шпунтин исключает их полную замену, минимизация подводных работ снижает затраты энерго- и трудоресурсов; соответствие сооружения требованиям СП 38.13330.2018 подтверждено расчетами при устройстве каменной пригрузки; антикоррозийные меры и пригрузка основания обеспечивают срок службы 50 лет, что на 25 % превышает нормативный ресурс и откладывает необходимость новых капитальных вложений.

Литература

1. Исследование несущей способности причального сооружения склада ГСМ в поселке Приобье Югорского УМТСиК ООО «Газпромтрансгаз Югорск»: отчет о научно-исследовательской работе. Новосибирск: СГУВТ, 2024. 120 с.
2. Кадина А. А. Накопленный опыт реконструкции и усиления причальных сооружений типа тонкой стенки // Молодой ученый. 2025. № 22 (573). С. 101-104.
3. Лоптев С. Л., Ладенко С. Ю. Подходы к сохранению грунтонепроницаемости лицевой шпунтовой стенки причальных сооружений типа больверк // Гидротехника. 2026. № 2. С. 28–33.

УДК 711.4:725.012

ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Пичугин С.С.

Научный руководитель: ст. преп. Привезенцева С.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

privetfun@yandex.ru, yasyandr@gmail.com

Устойчивое развитие городских территорий в современных условиях требует комплексного учета социальных, экологических и экономических факторов. Одним из ключевых направлений является интеграция принципов энергоэффективности и безбарьерной среды для маломобильных групп населения (МГН). Согласно данным, численность МГН в Российской Федерации составляет около 27% населения страны, что делает задачу обеспечения доступности городской инфраструктуры критически важной. При этом энергоэффективные решения не должны вступать в противоречие с требованиями инклюзивности – напротив, их синергия способна обеспечить качественно новый уровень городской среды. На основе анализа публикаций [1–3] по устойчивому развитию территорий, инклюзивному дизайну и энергоэффективному строительству сформулирована задача по изучению интеграционных механизмов в градостроительной системе.

Целью настоящего исследования является разработка модели интеграции принципов энергоэффективности и безбарьерной среды для МГН в контексте устойчивого развития городских территорий.

Предлагаемая модель включает три иерархических уровня. На макроуровне рассматривается градостроительная система поселения в целом, где формируются стратегические приоритеты устойчивого развития. Мезоуровень представлен пространственной подсистемой, объединяющей жилые, общественные, производственные и рекреационные зоны, в границах которых реализуются конкретные энергоэффективные и инклюзивные решения. Микроуровень соответствует отдельным объектам городской инфраструктуры (зданиям, пешеходным путям, остановкам транспорта), где требования по энергоэффективности и безбарьерности среды пересекаются наиболее активно.

В зависимости от функционального назначения территорий выделяются жилые, общественно-деловые, рекреационные и производственные зоны. Для жилых территорий характерна необходимость обеспечения доступности входных групп и внутридворовых пространств при одновременном снижении энергопотребления на отопление и освещение. Общественно-деловые зоны требуют интеграции систем климат-контроля с элементами доступной среды. Рекреационные территории обладают наибольшим потенциалом применения «зеленых» технологий в сочетании с тактильными и визуальными системами навигации для МГН.

Классификация по значимым критериям охватывает архитектурно-планировочные решения, инженерные системы, нормативные требования и социальные эффекты. Такой подход позволяет упорядочить правовые, технологические и экологические аспекты интеграции.

К территориям и объектам предъявляется комплекс требований: физико-технических (прочность, устойчивость), энергетических (класс энергоэффективности не ниже А), экологических (снижение углеродного следа), градостроительных (доступность маршрутов), экономических (окупаемость мероприятий) и социальных (комфорт и безопасность всех групп населения). Их соблюдение обеспечивает синергетический эффект устойчивого развития.

Параметры территорий подразделяются на основные и дополнительные. К основным относятся следующие параметры: класс энергоэффективности зданий, ширина путей движения, уклоны поверхностей, наличие тактильных указателей, высота порогов и перепадов, уровень освещенности, расстояния до остановок транспорта. Дополнительные показывают, насколько устойчиво, комфортно и экономически реализуемо это решение на конкретной территории и в жизненном цикле.

Предложенная модель формирует основу для перехода к динамической модели оценки градостроительного потенциала и выбора сценария устойчивого развития городских территорий с учетом интеграции принципов энергоэффективности и безбарьерной среды для маломобильных групп населения. Иными словами, модель отвечает на вопрос: «как согласовать энергоэффективные и инклюзивные решения так, чтобы они не гасили друг друга, а давали синергию» – и делает это на трёх масштабах.

Литература

1. Рыжова И., Павленко Т., Гнес Л., Антыпенко Е., Павлюк О. Принципы безбарьерного формирования «зеленой» архитектуры в современной пространственно-предметной среде // Architectural Studies. 2024. Т. 10, № 2. С. 55–63. DOI: 10.56318/as/2.2024.55.
2. Шнурникова Е. П., Горзов а С. П., Кононенко В. В Реконструкция городской застройки с учетом доступности маломобильных групп населения на примере г. Краснодара// Вестник МГСУ. 2024. Т.19, №7, С.1069-1078
3. Enhancing Accessibility and Sustainability in Smart Cities and Smart Buildings: The Universal Accessibility Suite Initiative // CORDIS. 2024. Grant agreement ID: 101147722.

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РАЗРЫВОВ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Плотников А.Д.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

alexplotnikov05@gmail.com, nknyazeva@mgsu.ru

Для промышленных объектов характерен большой объем взаимосвязанных инженерных данных о технологическом оборудовании, трубопроводах, системах КИПиА, технических характеристиках и сопровождающей документации, которые формируются и используются различными участниками на протяжении жизненного цикла объекта. Медведев, Пронин и Ислам отмечают, что при организации работы с информацией необходимо учитывать ее происхождение, принадлежность, актуальность, версии и статусы готовности [1]. В этом смысле само наличие сведений в единой информационной среде еще не означает, что они готовы к использованию в следующем процессе. Такой подход соответствует ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016 и ГОСТ Р 10.0.04-2019/ИСО 29481-2:2012, в которых обмен информацией рассматривается во взаимосвязи с бизнес-процессами и требованиями к составу передаваемой информации.

Особенно наглядно проблема проявляется при передаче инженерных данных от проектирования к материально-техническому обеспечению и закупке технологического оборудования. Объект может быть корректно описан для решения проектной задачи, но содержать недостаточно сведений для последующей закупки. Могут отсутствовать необходимые характеристики, утвержденный статус, актуальная версия документа, связь с техническими требованиями или однозначная идентификация. Поэтому проверка только заполненности атрибутов не позволяет определить, пригодны ли данные для следующего процесса. Системы управления инженерными данными (СУИД) позволяют консолидировать разнородную инженерную информацию и интегрировать ее с внешними системами. Например, «НЕОСИНТЕЗ» объединяет данные об объекте в единой информационной среде и предоставляет REST API для автоматизации и интеграции [2]. Это создает основу для проверки данных с учетом их дальнейшего использования.

Для такой проверки предлагается использовать профиль передачи инженерных данных – машиночитаемое описание минимального состояния объекта, необходимого для перехода к следующему процессу. Необходимость формализации требований к составу и структуре передаваемой информации рассматривается и в работах по организации информационного моделирования, где такие требования выступают основой для автоматизированной проверки данных [3]. При этом состояние инженерной информации определяется не только наличием данных: в исследованиях организации информационного обмена отдельно рассматриваются версии и статусы, характеризующие степень готовности информации и возможность ее дальнейшего использования [4]. СУИД «НЕОСИНТЕЗ» в данном случае используется как источник фактических инженерных данных об объекте, которые при автоматизированной проверке сопоставляются с требованиями сформированного профиля. Профиль может включать обязательные атрибуты и документы, допустимые статусы и версии, требования к единицам измерения, идентификации и связям между объектами. Несоответствие фактического состояния требованиям профиля рассматривается как информационный разрыв. Предлагается выделять семь типов разрыва: G1 – отсутствие данных; G2 – некорректное значение или формат; G3 – отсутствие требуемого согласования или статуса; G4 – неактуальная версия; G5 – неоднозначность интерпретации; G6 – отсутствие прослеживаемого источника; G7 – отсутствие необходимой связи с объектом или документом.

Алгоритм автоматизированной проверки предполагает определение класса объекта и соответствующего профиля, после чего анализируются атрибуты, статусы, версии, источники и связи. Для каждого несоответствия фиксируются тип информационного разрыва и причина его возникновения. Результатом становится решение «Готово/Не готово» с перечнем препятствий к передаче данных. После апробации на переходе «проектирование – закупка» подход может быть распространен на последующие процессы – поставку и приемку, строительство, пусконаладку и эксплуатацию. Таким образом, проверка профиля передачи рассматривается как механизм обеспечения непрерывности инженерных данных на протяжении жизненного цикла объекта.

Литература

1. Медведев Д.В., Пронин В.И., Ислам А.А. Требования к средам общих данных // Человек. Общество. Инклюзия. 2023. Т. 14. № 4-2.
2. Система управления инженерными данными «НЕОСИНТЕЗ». URL: https://www.neolant-srv.ru/neosyntez/
3. Шило А.В. Нормативная основа для цифровизации строительной отрасли: задачи, реализация, перспективы. URL: https://niisf.org/biblio/glavnaya/normativnaya-osnova-dlya-tsifrovizatsii-stroitelnoj-otrasli-zadachi-realizatsiya-perspektivy
4. Пронин В.И., Медведев Д.В., Ислам А.А. Особенности хранения проектной информации в среде общих данных строительного проекта // Человек. Общество. Инклюзия. 2024. Т. 15. № 1–2.

УДК626.8:624.139

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА В КРИОЛИТОЗОНЕ

Полищук И.А.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Бобыльская В.А., канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

vany.polishuck10@gmail.com

Актуальность. Ограждающая дамба хвостохранилища обогатительной фабрики ОФ-3 Мирнинского ГОК эксплуатируется с 1990 г. в криолитозоне. Основание дамбы растепляется под воздействием тепла [1], переносимого фильтрационным потоком – граница «талое-мерзлое» опускается, трубчатый дренаж расположен выше фильтрационного потока и не перехватывает его. Понижение отметки дренажа технически нереализуемо.

Цель работы. Обосновать конструкцию противофильтрационного устройства ограждающей дамбы на основе фильтрационных и статических расчетов, обеспечивающую снижение фильтрационного потока и устойчивость низового откоса.

Чувствительность фильтрационного потока рассмотрена к толщине экрана от 1,2 до 2,5 м и ядра от 1,5 м до 5,0 м. Коэффициенты фильтрации приняты по натурным данным [2] тела дамбы и основания 6,2 м/сут., противофильтрационного элемента 0,15 м/сут., мощность водопроницаемого основания 32 м.

В работе рассмотрены три варианта: без противофильтрационных устройств (нулевой): удельный расход 22,5 м^3/сут. на 1 п.м., высота выхода кривой депрессии на низовом откосе 1,73 м (над подошвой яруса) – вариант неприемлем из-за риска суффозии и фильтрационных деформаций; экран и зуб из глинистых грунтов: экран толщиной 0,5 м на гребне и 1,2 м в основании, зуб до подошвы нижерасположенного яруса. расход снизился до 8,63 м^3/сут., кривая депрессии – 1,6 м, увеличение толщины экрана вдвое снижает расход примерно вдвое – зависимость близка к пропорциональной; ядро и зуб: ядро толщиной 3,00 м, зуб до подошвы нижерасположенного яруса. расход 5,52 м^3/сут., высота выхода кривой депрессии за ядром – 0,58 м, что практически устраняет риск фильтрационных повреждений низового откоса, увеличение толщины ядра в 3,3 раза снижает расход всего на 8 %, кривая депрессии меняется в диапазоне 0,49–0,58 м – зависимость практически не выражена.

Различие в чувствительности к толщине объясняется схемой фильтрации. Экран на верховом откосе – первый барьер всего фильтрационного потока: увеличение его толщины удлиняет путь фильтрации и пропорционально снижает расход, при этом расход через основание невелик, и экран доминирует в общем фильтрационном сопротивлении. Ядро расположено внутри дамбы, поток подходит к нему уже после прохождения части тела дамбы, а значительная часть воды обходит ядро через основание (зуб не доходит до водоупора). Утолщение ядра уменьшает расход через сам элемент, но общий расход ограничен пропускной способностью основания и тела дамбы за ядром, поэтому суммарный эффект минимален. Аналогичный механизм перераспределения потоков при неполном перехвате основания отмечается в ряде работ [3, 4].

Проверка устойчивости низового откоса по круглоцилиндрическим поверхностям сдвига выполнена методами Г. Крея, К. Терцаги и «весового давления»: оба варианта обеспечивают устойчивость откоса, но вариант с ядром дает более высокий запас (1,91 против 1,68).

Выводы. Оба варианта противофильтрационных устройств обеспечивают приемлемый фильтрационный режим и устойчивость низового откоса выше нормативной: расход снижается с 22,5 до 8,63 м^3/сут. (экран с зубом) и до 5,52 м^3/сут. (ядро с зубом), коэффициент запаса составляет 1,68 и 1,91 при нормативном 1,25. Экран чувствителен к толщине, что позволяет назначать её минимально достаточной; толщину ядра следует определять условиями эксплуатации в криолитозоне – рост сечения в 3,3 раза снижает расход лишь на 8 %.

С позиций ресурсо- и энергосбережения предпочтителен вариант с ядром: снижение расхода в 4 раза уменьшает растепление основания и затраты на водопонижение, а отказ от утолщения ядра сокращает объемы работ. Окончательный выбор – по технологическим критериям возведения.

Литература

1. Инженерно-гидрогеологические изыскания: технический отчёт. Объект: Реконструкция. Хвостовое хозяйство. Пионерная дамба фабрики № 3, 3 очередь. Корректировка. Мирный: ОИИ Института «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО), 2022. 104 с.
2. Инженерно-геологические изыскания: технический отчет. Объект: Реконструкция. Хвостовое хозяйство. Пионерная дамба фабрики № 3, 3 очередь. Омск: ЗАО «ПИРС», 2018. 78 с.
3. Буренков П. М. Фильтрационные расчеты грунтовой плотины Юмагузинского гидроузла // Природообустройство. 2025. № 2.
4. Свинарев В. С., Шульженко Е. В., Горбунова Е. В.Работа грунтовой плотины с экраном и завесой // Инновации и инвестиции. 2019. № 12.

УДК 72.007

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ АРХИТЕКТОРА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проваткин А. Е.
Научный руководитель: асс. каф. ГГХ Максатова А.М.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия
a.provatkin@sibstrin.ru

В архитектурном проектировании в современном мире активно используются широкий спектр передовых технологий, начиная от систем автоматизированного проектирования (CAD, САПР) заканчивая применением искусственного интеллекта. Развитие технологий сопровождается появлением новых методов организации проектной деятельностии одновременно с этим меняется требование к навыкам начинающих специалистов [1-3]. В архитектурном образовании это требование выражается в необходимости формировать необходимые навыки при подготовке специалистов. Однако исследования показывают, что содержание цифровой подготовки студента обновляется неравномерно, а более новые направления представлены ограниченно [1]. В связи с этим возникает необходимость определить, какие компетенции целесообразно формировать в процессе подготовки архитектора с учетом постоянного изменения цифровых инструментов.

Основными этапами развития цифровых технологий принято считать переход от ручной графики к CAD, от CAD к BIM, в среде BIM развивалась идея параметрического проектирования, а с началом 2020-х годов в архитектурной практике начал фигурировать искусственный интеллект [1-3]. Поэтому в условиях быстрого развития технологий начинающему специалисту стало необходимо не только владеть существующим программным обеспечением, но и уметь самостоятельно осваивать новые инструменты и оценивать целесообразность их применения. Для упрощения восприятия необходимых компетенций архитектора можно разделить их на 3 основных направления: базовые архитектурные компетенции, универсальные цифровые компетенции, инструментальные навыки. К базовым архитектурным компетенциям можно отнести пространственное мышление, разработка концепции, решение функциональных задач, нормативная и конструктивная обоснованность. К универсальным цифровым компетенциям относим цифровую грамотность, системное мышление, работу с данными, оценку результатов, координацию в софте и самостоятельное освоение новых технологий. К инструментальным навыкам относим работу с конкретными CAD/BIM-системами, параметрические средства, программы расчёта и визуализации, инструменты ИИ.

Анализ ФГОС по направлению «архитектура» показывает, что требования к значительной части компетенций архитектора официально закреплены, в особенности базовые архитектурные компетенции,

а также требования к владению современными технологиями. Однако он лишь косвенно отражает необходимость адаптации выпускника к развитию цифровых технологий через требования к саморазвитию и применению современных технических средств. Вместе с тем стандарт не конкретизирует способность самостоятельно осваивать новые программные средства и адаптироваться к изменению цифровых инструментов как самостоятельный образовательный результат [4]. Помимо этого, исследования говорят, что даже при наличии нужных программ обучения с нужными формулировками итоговая подготовка начинающего специалиста может разница с тем, что по итогу будет необходимо ему при выходе в профессиональную сферу [5].

В результате мы можем сделать вывод, что цифровизация меняет содержание компетенций архитектора при выпуске из вуза, повышая роль способности адаптироваться к изменениям цифровых технологий. А анализ образовательной программы показал, что требование к этому навыку выражено в общих чертах и не конкретизировано как самостоятельный образовательный результат. Следовательно, возникает необходимость составления более конкретногоучебного плана, учитывающего изменчивость новых технологий с целью повышения общей устойчивости профессиональных навыков архитектора.

Литература

1. Vazquez E. Mapping CAD education in architecture: a critical review and survey of bachelor programmes in Europe // Architectural Science Review. 2025. DOI: 10.1080/00038628.2025.2584178.
2. Shin Y.-J., Kang E. From Tool-Based Training to Integrated Studios: A Review of BIM Education in Architecture // Buildings. 2026. Vol. 16, No. 1. Art. 166. DOI: 10.3390/buildings16010166.
3. Shahruddin S., Zairul M., Haron A.T. Redefining the territory and competency of architectural practitioners within a BIM-based environment: a systematic review // Architectural Engineering and Design Management. 2021. Vol. 17, No. 5–6. P. 376–410. DOI: 10.1080/17452007.2020.1768506.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 07.03.01 Архитектура: утв. приказом Минобрнауки России от 08.06.2017 № 509
5. Guo B. H. W. et al. Bridging the gap between building information modelling education and practice: a competency-based education perspective // International Journal of Construction Management. 2023. Vol. 23, No. 15. P. 2558–2569. DOI: 10.1080/15623599.2022.2077546.

УДК 004.89:72

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И РОЛЬ СПЕЦИАЛИСТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Пыльцова А.О., Подоплелов А.М.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
arinapylcova@gmail.com, lehapodoplelov@mail.ru

В последние годы архитектурно-строительная сфера переживает этап цифровой трансформации, основной импульс которой задало развитие и внедрение в различные профессиональные сферы искусственного интеллекта. Как показывают исследования, алгоритмы машинного обучения и системы анализа данных

уже активно интегрируются в процессы оптимизации и автоматизации рабочегопроцесса [1]. Это позволяет решать широкий спектр задач: от прогнозирования стоимости проектовдо персонализированного проектирования объектов строительства, интерьеров и моделирования городского пространства. Разработчики и исследователи сферы искусственного интеллекта подчеркивают отсутствие у нейросетей способностей к ценностному восприятию, эмпатии и креативности, что принципиально отличает его от человека-профессионала [2]. В связи с этим, ИИ рассматривается исключительно в качестве инструмента для оптимизации труда специалиста [3]. Из преимуществ использования искусственного интеллекта в разработке архитектурных решений выделяют: делегирование рутинных задач, автоматизацию создания дизайна, сокращение временных затрат на выполнение расчетных работ, а также создание виртуальных моделей [4].

К недостаткам относятся: требование наличия навыков работы с нейросетями, вероятность ошибок, риск утечки данных и нарушение авторских прав [5].

Чтобы оценить эффективность внедрения ИИ в рабочий процесс создания эскиза дизайн-проекта крытой террасы возле здания ИСА УрФУ авторы воспользовались нейросетью Gemini (см. рисунок). Анализ результатов показал, что использование искусственного интеллекта сокращает продолжительность выполнения, но требует навыков работы с ИИ, и, при наличии недочетов в техническом задании, допущенных авторами, результат генерации получался неудовлетворительным, что свидетельствует о необходимости опыта в работе с нейросетями. Таким образом, использование ИИ при проектировании объектов строительства – это не замена специалиста, а эффективный вспомогательный инструмент, который заметно ускоряет рутинные процессы, но зависит от компетентного управления со стороны человека.



Рисунок*. Дизайн-проект крытой террасы. Разработано авторами с применением ИИ*

Литература

1. Асаул В. В. Искусственный интеллект в строительстве: потенциал и ограничения// Вестник гражданских инженеров. 2024. № 3. С. 111–120.
2. Панкина М. В. Искусственный интеллект как инструмент дизайна // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Г. Б. Захаровой. Екатеринбург: УрГАХУ, 2025. С. 37.
3. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании// Architecture and ModernI nformation Technologies. 2023. № 4(65). С. 311–324.
4. Гайлитис В. С., Азаренко Н. Ю. Искусственный интеллект в архитектуре. Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты / под ред. О. Д. Казакова. Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. С. 163–167.
5. Федорова Д. В. Использование технологий искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы развития // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16, № 3.

УДК721:004.94

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ В СРЕДЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ

Садовская К.Д.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мальцева И.Н.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия kris-sad02@yandex.ru

Современное проектирование объектов агропромышленного назначения требует междисциплинарного подхода, объединяющего архитектурные и инженерные решения, социальную психологию и зоопсихологию. Реализацией данного подхода выступает проект ветеринарного комплекса, расположенного в г. Верхняя Салда (Свердловская область). Объект совмещает две ключевые функции: производственную и общественно- социальную зону. Производственная зона включает цех изготовления протезов для животных, кормов и ветеринарную лабораторию, в общественно-социальную зону входит приют для кошек и собак. С учетом многофункциональности комплекса, архитектурная концепция базируется на системе блоков с различными технологическими процессами, требующими строгого соблюдения разнообразных строительных и инженерных норм.

Для реализации данного многофункционального проекта применялся метод информационного моделирования (BIM) с использованием программного обеспечения AutoCAD, Revitu 3ds Max, что позволило в несколько этапов разработать объемно-планировочную структуру здания и выполнить визуализацию [1].

Первый этап концептуального проектирования был реализован в AutoCAD. Выбор данной программы обусловлен высокой скоростью поиска проектных решений в сравнении с Autodesk Revit, который на стадии эскизирования может избыточно нагружать модель из-за высокой детализации параметров. Для последующего этапа детальной проработки комплекса планы были перенесены в Revit, что заложило основу для объемного проектирования объекта благодаря бесшовной интеграции с AutoCAD.

Возможности Revit позволили сформировать точную объемную модель (рис.1), состоящую из архитектурных и конструктивных элементов, а также интегрировать специализированные системы водоотведения [2], инфраструктуру переработки отходов жизнедеятельности животных и технологические двойные полы с уклоном. При работе в среде BIM удалось выявить и устранить коллизии между инженерными сетями и несущими конструкциями. Однако процесс осложнился дефицитом библиотек параметрических компонентов для специализированных систем [1], что потребовало самостоятельной разработки. Кроме того, низкая адаптивность существующих компонентов затруднила моделирование сложных форм с сохранением физико-механических свойств. Тем не менее, итоговая модель была выполнена без коллизий.

Заключительным этапом стало создание фотореалистичных визуализаций в Autodesk 3dsMax, так как данная программа обладает значительно более высокими возможностями рендеринга по сравнению с Revit (рис. 2). Поскольку объемная модель создавалась в Revit, потребовалась конвертация геометрии. Основной трудностью на этом этапе стала потеря свойств материалов при переносе данных, что потребовало повторной настройки текстур и параметров для достижения достоверного визуального представления.

Несмотря на выявленные технические нюансы, внедрение BIM-технологий позволило создать точную 3D-модель икачественную визуализациюобъекта.Однако для полноценной цифровизации агропромышленной отрасли необходимо комплексное решение проблем от разработчиков ПО и организаций инженерных систем.



Рис.1. *BIM-модель ветеринарного комплекса. Выполнено автором в программе Revit*



Рис. 2. *Фотореалистичная визуализация ветеринарного комплекса. Выполнено автором*

Литература

1. Дмитриева Т.Л., Ященко В.П., Курышов И.А. BIM как средство сквозного проектирования, технологии возведения и эксплуатации // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 2. С. 252–261.
2. Паньков И.О. Особенности проектирования и строительства энергоэффективных здани // Информационные системы и технологии АПК и ПГС: сб. науч. ст. 2-ой Междунар. науч.-тех. конф. Курск. 2024. С. 292–294.

УДК 004.7:004.9:69

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АДАПТАЦИИ СОТРУДНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Серова А.А.
Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия
srvln@mail.ru

Эффективность строительного контроля зависит от того, как быстро новый специалист службы технического надзора начинает работать самостоятельно [1]. В отрасли огромная нормативно-техническая база, которая регулярно обновляется, объекты строительства разбросаны по территории, а ошибка при приёмке работ влечет за собой значительные финансовые издержки на переустройство и штрафные санкции. Поэтому адаптация сотрудника строительного контроля остаётся одной из самых длительных среди инженерных специальностей [2, 3]. Универсальные HRM-системы не обладают достаточной гибкостью для учета отраслевой специфики и не решают задачи профессионального развития специалиста после испытательного срока.

Цель работы – разработать веб-приложение, которое необходимо подрядным организациям и службам заказчика, для комплексной адаптации сотрудников строительного контроля.

В приложении есть несколько модулей: адаптационные треки по должностям – техник строительного контроля, инженер по качеству, специалист авторского надзора; база знаний нормативно-технической документации с версионированием изменений; тестирование уровня подготовки перед допуском к операциям контроля; конструктор индивидуального плана развития.

Информационная основа приложения – среда общих данных (СОД) строительного проекта, в частности, платформа SIGNAL DOCS [4]. Из СОД в модуль адаптации передаются регламенты строительного контроля, перечни контролируемых операций, шаблоны замечаний и фактические данные о работе новичка на площадке. За счет интеграции с СОД учебные материалы (кейсы, примеры оформления документов, разбор типовых ошибок) формируются на основе реальных проектных данных, а качество контрольных операций сотрудника оценивается прямо по его деятельности в среде [1].

Отдельный модуль строит карьерную траекторию сотрудника. Система формирует маршрут профессионального роста от техника до руководителя службы строительного контроля. Требования каждого уровня привязаны к профессиональному стандарту «Специалист в области строительства» и внутренним матрицам компетенций организации. В качестве оцениваемых компетенций выступают: знание нормативно-технической документации, навыки работы в среде общих данных (СОД), а также правильность оформления исполнительной документации.

Модуль управления рисками адаптации оценивает вероятность досрочного расторжения трудового договора с новичком и производственных ошибок при выполнении контрольных операций. Он опирается на данные о прохождении трека (скорость освоения этапов, количество успешно выполненных контрольных операций и доля пройденных тестов) и результатах тестирований. Итог визуализируется матрицей рисков, а наставник получает предложения по корректирующим воздействиям.

Таким образом, разработано веб-приложение для комплексной адаптации сотрудников строительного контроля – от изучения нормативно-технической базы до самостоятельного выполнения контрольных операций.

Ключевая особенность решения – интеграция со средой общих данных SIGNAL DOCS: учебные материалы формируются на основе реальных проектных данных организации, а оценка компетенций выполняется по деятельности сотрудника в среде [4].

Применение приложения сокращает сроки выхода специалиста на самостоятельные операции контроля за счёт структурирования учебных материалов, автоматического мониторинга прогресса и раннего выявления зон риска [2]. Модуль карьерной траектории связывает адаптацию с долгосрочным профессиональным развитием в соответствии с профессиональным стандартом [3], а модуль управления рисками даёт наставнику инструмент своевременного корректирующего воздействия.

Практическая значимость состоит в том, что решение может применяться подрядными организациями и службами заказчика без перестройки существующих процессов документооборота.

Литература

1. Галимова А.Ш., Немычкина В.В., Данилко Е.М. Методы адаптации и мотивации работников в условиях цифровизации // Вестник Алтайской академии экономики и права: электрон. журн. 2025. №4.
2. Концепция подготовки кадров для строительной отрасли до 2035 года. М., 2021.
3. Профессиональный стандарт «Специалист в области строительства». М., 2022. (Приказ Минтруда России от 22.04.2022 № 244н).
4. SIGNAL DOCS –среда общих данных для управления строительством: офиц. сайт. URL: https://sgnl.pro/docs.

УДК 681.518

ОРКЕСТРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПО PDF- ЧЕРТЕЖАМ

Ситдикова Д.Р.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Sitdikovadi13@mail.ru

На данный момент рабочая документация инженерных разделов передается в основном в виде PDF-чертежей, а при переходе к информационной модели информация об оборудовании вводится снова вручную. На практике трудность вызывает то, что между распознаванием, расчетом и BIM-платформой нет связующего звена. Выход одного инструмента приходится готовить для следующего вручную, и привязка к месту на чертеже при этом теряется.

Найденные решения покрывают лишь отдельные части этой цепи. Методы паноптического поиска условных обозначений, развиваемые на наборе Floor Plan CAD, строятся на векторных CAD-файлах со слоями и блоками, а не по PDF [1]. Трехстадийная схема Khan и соавторов дают коэффициент F1 равный 0,963 там, где формат ответа задан схемой, и 0,672 на свободном тексте [2]. Подход Pan и соавторов восстанавливает оборудование cmAP равным 0,939 при детекции и 0,918 при сегментации, но авторы указывают на то, что координата Z задается вручную, абстрактные обозначения не отражают форму изделия и не восстанавливаются [3]. Оценка агентных систем на инженерных задачах показывает, что резерв лежит в обвязке, а не в модели. Доменные инструменты поверх базовой агентной обвязки дают по 32,2 процентного пункта при роста на технических вопросах по узлу, но на точности привязки выносок результат ухудшается на 3,6 пункта. Там, где ответ извлекается из текста, средняя награда достигает 100 процентов, а там, где нужна зрительная привязка, всего 5 процентов [4].

В данной работе предлагается оркестратор, связывающий распознавание, табличную обработку, визуальное программирование и BIM-платформу в единую цепочку (см. рисунок). Ядро детерминировано: векторный разбор PDF, геометрические и нормативные правила, сверка со спецификацией, JSON – описание экземпляра с полями источника, верификации и статуса обеспечивает прослеживаемость до места на чертеже.

Публичного бенчмарка для класса «инженерное оборудование на строительных планах с переносом атрибутов из выносок и спецификаций» обнаружить не удалось, поэтому он формируется по протоколу [5] на реальной документации. Предполагаемые критерии приемки следующие: точность подсчета не ниже 0,85, MAPE не выше 5 процентов. Также поддержка отечественной платформы Renga наряду с Revit, не встречается в зарубежных работах.

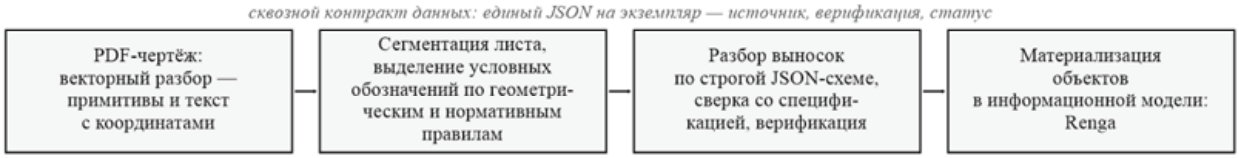


Рисунок. *Архитектура оркестратора. Разработано автором*

Литература

1. Fan Z., Zhu L., Li H., Chen X., Zhu S., Tan P. Floor Plan CAD: A Large-Scale CAD Drawing Dataset for Panoptic Symbol Spotting :препринт. 2021. URL: https://arxiv.org/abs/2105.07147.
2. Khan M.T., Yong Z., Chen L., Feng W., Tan N.Y.J., Moon S.K. A Multi-Stage Hybrid Framework for Automated Interpretation of Multi-View Engineering Drawings Using Vision Language Model: препринт. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2510.21862.
3. Pan Z., Yu Y., Xiao F., Zhang J. Recovering building information model from 2D drawings for mechanical, electrical and plumbing systems of ageing buildings // Automation in Construction. 2023. Vol. 152. Art. 104914. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104914.
4. Mankodiya H., Gallik C., Galanos T., Mulyar A. AEC-Bench: A Multimodal Benchmark for Agentic Systems in Architecture, Engineering, and Construction: препринт. 2026. URL: https://arxiv.org/abs/2603.29199.
5. Kondratenko A., Birhane M., Hsain H.E., Maciocci G. AECV-Bench: Benchmarking Multimodal Models on Architectural and Engineering Drawings Understanding: препринт. 2026. URL: https://arxiv.org/abs/2601.04819.

УДК 711.5:004.9

ГИС-АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО НЕРАВЕНСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ДОСТУПНОСТИ ПАРКОВ В РАЙОНАХ KHAYELITSHA И RONDEBOSCH, КЕЙПТАУН)

Соседова Т.А.

Научный руководитель: ст. преп. н.с. Дар В.В.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова , Екатеринбург, Россия

sosedovatana09@gmail.com

Кейптаун был выбран в качестве объекта исследования в связи с прохождением автором стажировки в Южной Африке. В ходе исследования было отмечено, что Кейптаун остаётся одним из наиболее пространственно сегрегированных городов Южной Африки, а последствия колониального и апартеидного планирования продолжают проявляться в различиях качества среды и доступности общественных благ [1, 2]. Одним из показателей такого неравенства является обеспеченность жителей общественными парками и рекреационными территориями.

Цель работы – показать возможности ГИС-анализа для выявления различий в доступности общественных парков в двух районах Кейптауна – Khayelitsha и Rondebosch. Выбор кейсов обусловлен их контрастной морфологией и различным положением в социально-пространственной структуре города. В качестве исходных данных используются официальный слой пригородов Official Suburb и слой Parks муниципалитета Кейптауна, а также данные Open Street Map о пешеходно-уличной сети и застройке [3–5].

Методика исследования включает: выделение границ двух районов; загрузку парковых территорий; построение 500-метровых зон доступности к общественным паркам; сопоставление полученных зон с жилой застройкой. В условиях краткого формата тезисов приоритет отдан сопоставимому картографическому анализу в едином масштабе.

Предварительное сравнение показывает, что в Rondebosch зеленые общественные пространства более равномерно встроены в жилую ткань, тогда как в Khayelitsha зоны пешеходной доступности носят более локальный характер и покрывают меньшую долю застроенной территории [4,5]. Таким образом, ГИС выступает не только инструментом визуализации, но и средством аргументированного выявления экологической и социальной несправедливости городской среды.

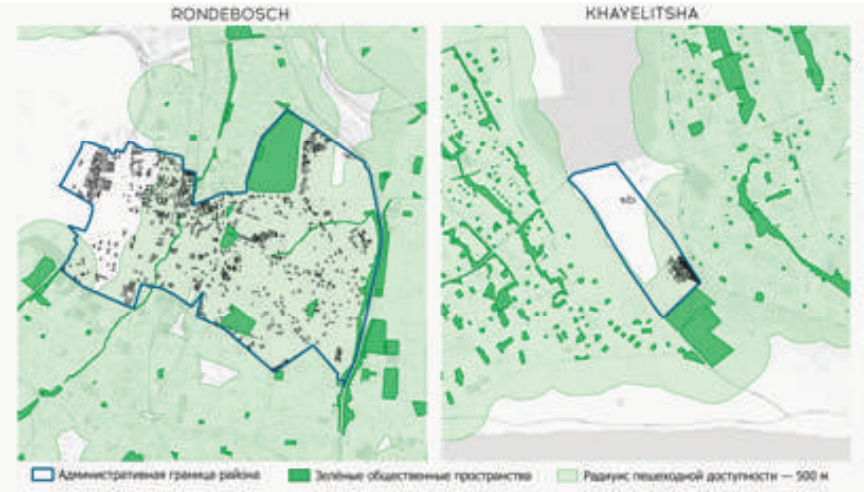


Рисунок. *Схема ГИС-анализа доступности зеленых общественных пространств в районах Rondebosch. Разработан автором*

Литература

1. Venter Z.S., Shackleton C.M., Van Staden F., Selomane O., Masterson V.A. Green Apartheid: Urban green infrastructure remains unequally distributed across income and race geographies in South Africa // Landscape and Urban Planning. 2020. Vol. 203. Article 103889. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103889.
2. Turok I., Visagie J., Scheba A. Social Inequality and Spatial Segregation in Cape Town // Urban Socio-Economic Segregation and Income Inequality / edsCham: Springer, 2021. P. 71–90. DOI: 10.1007/978-3-030-64569-4_4.
3. Официальный слой объектов ArcGISREST с данными о парках города Кейптаун. URL: https://citymaps.capetown.gov.za/agsext/rest/services/Theme_Based/ODP_SPLIT_2/FeatureServer/3
4. City of Cape Town. District parks. URL: https://www.capetown.gov.za/explore-and-enjoy/see-all-city-facilities/our-recreational-facilities/district-parks.
5. Open Street Map contributors // Open Street Map. URL: https://www.openstreetmap.org.

УДК 627.42:627.74:502.174

ПРЕВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СУДОВОГО ХОДА НА УМРЕВИНСКОМ ПЕРЕКАТЕ РЕКИ ОБИ КАК ФАКТОР РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

Спиридонова Ю.Н.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В., ст. преп. Кофеева В.Н.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

a.v.mazgaleva@nsawt.ru

Обь – одна из крупнейших рек России и первая по длине в стране, обслуживающая грузовые и пассажирские перевозки. Участок от Новосибирска до устья Томи относится к внутренним водным путям федерального значения [1], поэтому к поддержанию гарантированных габаритов судового хода здесь предъявляются повышенные требования. Умревинский перекат (808,5–812,5 км) из года в год осложняет судоходство: в межень судовой ход узок и извилист, русло интенсивно переформируется из-за роста побочня в ухвостье острова Малый Умревинский. Для удержания нормативных габаритов ежегодно ведется дноуглубление, объемы которого в маловодные годы заметно растут. Разовые эксплуатационные прорези, не закрепленные выправительными сооружениями, долговременного эффекта не дают, что повышает стоимость путевых работ и снижает надежность судоходства. В контексте ресурсосбережения и устойчивого развития территорий сокращение повторных объемов дноуглубления за счет перевода судового хода в устойчивую зону русла представляется актуальной задачей.

Цель работы – разработать комплекс технических решений, обеспечивающих долговременную устойчивость судового хода на Умревинском перекате и сокращение ежегодных объемов эксплуатационного дноуглубления.

Анализ русловых процессов на основе совмещенных планов съемки 2023 и 2024 гг. показал, что рост побочня в ухвостье острова Малый Умревинский носит циклический характер [2]. Перекат отнесен к группе затруднительных перекатов разветвленных участков русла. В качестве решения предложено устройство судоходной прорези с переводом судового хода к правому берегу острова, что выводит трассу из зоны активных деформаций. Запроектированная прорезь обеспечит гарантированные габариты судового хода – ширину 100 м и проектную глубину 2,5 м при срезке 80 см от проектного уровня. Анализ русловых процессов выполнен с применением геоинформационных технологийи специализированной системы IndorCAD/River.

Руслоформирующий расход 3500 м^3/с определен по методу Н.И. Маккавеева как расход, при котором произведение расхода русловых наносов на повторяемость данного расхода достигает максимума. Расчет бытового распределения расходов по рукавам при руслоформирующем расходе 3500 м^3/с показал, что через судоходный рукав проходит 1940 м^3/с. Для оценки устойчивости запроектированной судоходной прорези против заносимости построен план течений по методу М.А. Великанова [3]: поток разделен на пять равнорасходных струй, вычислены средние скорости течения в каждой струе и сопоставлены с неразмывающими скоростями. Это позволило установить характер деформаций. Результаты расчета показали, что в большинстве сечений прорези фактические скорости превышают неразмывающие, что свидетельствует об устойчивости прорези против заносимости наносами. Гидравлические расчеты бытового распределения расходов и построение планов течений выполнены аналитически с автоматизацией вычислений в среде MATLAB/MS Excel.

Полный объем дноуглубления составит 187 094 м^3, разработка прорези принята траншейным способом самоходным землесосом проекта 1-517-03, что обеспечит выполнение работ в заданные сроки с учетом гидрологических условий участка.

Выводы:

– перевод судового хода к правому берегу острова Малый Умревинский выводит трассу из зоны активных деформаций и обеспечивает устойчивость прорези против заносимости;

– предложенное решение позволяет выдержать гарантированные габариты судового хода и повысить безопасность судоходства;

– за счет более устойчивого положения трассы сокращаются ежегодные расходы на эксплуатационное дноуглубление, что отвечает принципам ресурсосбережения и устойчивого развития территорий.

Литература

1. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации: Федер. закон от 07.03.2001 № 24-ФЗ (ред. от 25.12.2023) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2001. № 11. С. 1001.
2. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. Москва: изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
3. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути: учебник. Москва: Транспорт, 1986. 400 с.

УДК 693.547

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ БЕТОНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Тимошенко В.В.

Научный руководители: канд. тех. наук, доц. Мазгалева А.В., канд. тех. наук, доц. Ахматова Н.П.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Timoshenko.2006@gmail.com

Строительный сезон в Сибири сопряжен с экстремальными отрицательными температурами. Традиционные методы контроля прогрева бетона неточны, трудоемки и не дают четкой картины в реальном времени, что ведет к риску замерзания бетонной смеси или перерасходу энергии из-за неконтролируемого прогрева. Для устранения всех этих недостатков применяют автоматизированные системы, которые позволяют отслеживать температуру в нескольких точках конструкции непрерывно и с большой точностью [1]. Однако эффективный контроль сам по себе не гарантирует достижения требуемой прочности — он должен быть интегрирован в общую технологическую схему зимнего бетонирования [2].

Некоторые особенности зимнего бетонирования в условиях низких температур заключаются в необходимости комплексного подхода. В практике широко применяют противоморозные добавки (ПМД), которые снижают температуру замерзания воды в составе смеси и ускоряют начальную стадию твердения. Параллельно используют прогрев свежеуложенного бетона различными способами: с применением нагревательных проводов (например, ПНСВ), водяного пара, нагретой воды или электроэнергии. Дополнительно реализуют метод термоса —– свежеуложенную смесь укрывают теплоизоляционными материалами, чтобы сохранить тепло, выделяемое бетоном при гидратации цемента [3].

При этом ни один из перечисленных методов в отдельности не гарантирует стабильного результата а эффективность достигается только при грамотном сочетании технологий с учётом конкретных условий: температуры окружающей среды, массивности конструкции, темпов бетонирования и доступных энергоресурсов [4]. Именно эту задачу и решает ИИ-мониторинг: он не заменяет традиционные методы, а связывает их в единую систему позволяя эффективно использовать ресурсы и минимизировать риски.

Суть ИИ-мониторинга: технология объединяет беспроводные IoT-датчики (закладываемые прямо в арматурный каркас), тепловизоры, данные метеостанций и нейросети. ИИ прогнозирует прочность бетона по методу зрелости на основе непрерывного анализа температурных полей, а также сопоставляет внутреннюю температуру конструкции с температурой окружающей среды и скоростью ветра. Автоматически выявляются критические зоны теплопотерь, например, повреждения термоусадочной пленки, отключения трансформаторов или локальные «холодные мосты» из-за неравномерного прогрева. На основе этих данных система отправляет уведомления инженерам, указывая не только факт отклонения, но и вероятную причину, а также рекомендуемые действия. Дополнительно ИИ оптимизирует энергопотребление, корректируя режимы прогрева в зависимости от скорости набора прочности и прогноза погоды, избегая избыточного нагрева [1]. Такой подход снижает риски брака, сокращает эксплуатационные затраты и делает зимнее бетонирование более предсказуемым и экономически эффективным. Применение технологий искусственного интеллекта превращает разрозненные методы зимнего бетонирования в согласованную, адаптивную систему, где ИИ не отменяет проверенные практики, а делает их управляемыми, измеримыми и энергоэффективными.

Таким образом, в условиях Сибири, где климатические факторы существенно влияют на сроки и качество строительства, использование искусственного интеллекта для мониторинга становится не просто инновацией, а необходимым элементом технологической устойчивости. Такой подход повышает надежность конструкций, минимизирует влияние человеческого фактора и способствует более рациональному использованию энергетических ресурсов. В долгосрочной перспективе интеграция ИИ в процессы зимнего бетонирования формирует основу для цифровизации строительного контроля и перехода к интеллектуальным системам управления качеством на строительных площадках.

Литература

1. Байков Е. С. Инновационный подход к организации бетонных работ в зимних условиях: интеграция экологических добавок с цифровыми системами мониторинга для мостовых сооружений // Молодой ученый. 2025. № 23 (574). С. 113–115.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Минстрой РФ, 2012. Раздел 5.11 Производство бетонных работ при отрицательных температурах. М: Росстандарт, 2012. 241 с.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: АСВ, 2011. 528 с.
4. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.М: Стандартинформ, 2008. 12 с.

УДК 711.4 : 004.8

КОНЦЕПЦИЯ AI-ПОМОЩНИКА ПО РАБОТЕ С ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ НОРМАМИ И ПРАВИЛАМИ В СФЕРЕ ПЛОТНОСТИ ЗАСТРОЙКИ НА ОСНОВЕ ЧАТ-БОТА

Тюникова А.Р.

Научный руководитель: ст. преп. н. с. Дар В.В.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н. С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
email: tyunikova.arina@mail.ru

В современных городах продолжает расти численность населения, строится новое жилье и общественно-деловые пространства, вследствие чего появляется необходимость эффективного использования ограниченного земельного ресурса. Зачастую уплотнение застройки происходит за счет уменьшения площади существующих озелененных общественных территорий, что приводит к негативным последствиям [1]. Одними из них являются недостаток мест для отдыха, нарушение норм инсоляции дворовых территорий, образование сильных воздушных потоков между высотными зданиями, рост автомобильного трафика, нехватка парковочных мест, нехватка озеленения.

Для предотвращения проблемы переуплотнения застройки и повышения эффективности работы в сфере градостроительства автором предложено разработать чат-бот «Строительный помощник» для начинающих архитекторов-градостроителей [2]. «Строительный помощник» – программный прототип информационно-аналитической системы, предназначенный для предварительной оценки соответствия параметров застройки градостроительным требованиям. Основной принцип работы бота (рис. 1) заключается в последовательной обработке исходных данных об объекте, определении применимых нормативов и сравнении фактических параметров территории с нормативными показателями (используются ссылки на СП 42.13330.2026 «Градостроительство. Планировка и застройка территорий, СП 118.13330.2022 «Общественные здания»,

СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные», СП 82. 13330.2016 «Благоустройство территорий»). Чат-бот дает информацию о строительных нормативах по запросу (рис. 2), рассчитывает коэффициенты застройки и плотности застройки, а также площади территорий при вводе адреса здания. Такая база даст возможность загрузить свои нормативы, на основе которых будет предоставлена нужная информация. Сервис создан для эффективного, быстрого нахождения информации и анализа территории для студентов и молодых архитекторов в образовательных и исследовательских целях.

Администратор бота формирует данные и обновления в базе. Пользователь делает ввод данных и запрос в бот: вопрос по нормативам, адрес объекта, данные площадей, этажности. Бот после получения запроса обрабатывает его, взаимодействует с базой данных и нормативной базой и далее формирует ответ. При взаимодействии с базой данных он определяет тип запроса: геоинформационные сервисы (геокодирование: адрес и координаты, определение зоны ПЗЗ), расчетные модули (расчет коэффициентов, сравнение с нормативами, выявление рисков), нормативная база (ответ на вопросы по содержанию норм). Также при комбинированном типе запроса взаимодействуют все функции, например, пользователь спрашивает: «определи коэффициенты и риск переуплотнения у общественно делового здания по адресу: г. Екатеринбург, ул. Карла Либнехта, д. 23», в этом случае бот подключает геоинформационный анализ, расчеты и нормативы. Окончательный ответ выглядит как краткий анализ с ссылками на нормативы, где включены параметры территории и застройки, расчётные показатели (Кз, Кп), рекомендации / отчёт (при необходимости).

Создание подобного помощника необходимо градостроителям для первичного анализа земельных участков и оценки потенциальных ограничений застройки. Для улучшения работы чат-бота можно добавить анализ территории по предоставленному генплану, по спутниковому изображению, другие виды территориальных зон (производственные зоны, зоны инженерной и транспортной инфраструктур и др.), автоматическое определение зоны ПЗЗ, генератор вариантов улучшения территории, прогноз последствий уплотнения застройки. Используя функционал чат-бота, профессионалы смогут всегда иметь актуальную информацию, простой доступ к ней, что повысит осведомленность с нормами и их соблюдение. Все это облегчит работу в градостроительной деятельности.

Литература

1. Дубровский А.В., Каленская Е.Д., Алмагаметова Д.Т. Оценка нерациональности в организации городского пространства на примере города Новосибирска // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2022. №1. С. 226-233.
2. Матвеева Н.Ю., Золотарюк А.В. Технологии создания и применения чат-ботов // Научные записки молодых исследователей. 2018. № 1. С. 28–30.

УДК 712.3: 004.9

МЕТОД ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТА В ПАРКОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Филипьева К.А.
Научный руководитель: ст. преп. , н.с. Дар В.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алфёрова, Екатеринбург, Россия
ksyu.filipeva.07@inbox.ru

Многие парки являются главным местом притяжения для горожан и туристов. Обширные парковые пространства представляют собой сложную систему природных и искусственно организованных элементов, включающую пешеходные маршруты, открытые пространства, лесные участки, водоёмы, архитектурные объекты и зоны отдыха. Однако немалые размеры парка и разнообразие его пространств могут создавать определённые трудности для посетителей. Посетитель бывает затруднительно точно определить свое местоположениеи построить удобный маршрут до нужного объекта, рассчитать, сколько времени займёт прогулка и определить интересующие места для посещения. Особенно это актуально для посетителей, впервые оказавшихся на территории, и туристов [1].

Традиционные карты и информационные стенды помогают определить местоположение и найти основные объекты, однако обычно не учитывают индивидуальные предпочтения посетителя. Кто-то из посетителей хочет прогуляться в тишине природного окружения, другой интересуется историей парка и его малыми архитектурными формами, третий хочет провести время на площадке для тихого отдыха и т.п.

Чтобы решить эту проблему, автором было решено создать метод персональной навигации в большом парковом пространстве. Этот метод представляет цифровой навигатор, который оформлен в виде приложения для телефона или планшета. Данный навигатор формирует индивидуальные маршруты на основе интересов, временных возможностей и целей пользователя. Они определяются в ходе прохождения небольшого теста, состоящего из четырех универсальных вопросов, которые подходят к любому парковому пространству. Первое, «Продолжительность пути», где посетитель отмечает, какое количество времени он готов потратить на маршрут. Второе, «Цели посещения», указывается то, для чего человек идет в парк (прогулка, пробежка, время с ребенком). Третье, «Интересы», личные предпочтения посетителя, места, которые он хотел бы посмотреть во время посещения парка (природа, водоем, спорт, история, архитектура). И четвертое, «Темп движения», человек отмечает, какая скорость прохождения территории для него будет наиболее комфортна (спокойная, интенсивная). Все четыре вопроса помогают механизму быстро сформировать один-два индивидуальных маршрута, которые подходят для человека. Система выбирает подходящие объекты и определяетпорядок их посещения. Например, посетителю, располагающему одним часом и предпочитающему спокойную прогулку, может быть предложен короткий маршрут с тенистыми аллеями, местами для отдыха и несколькими интересными ландшафтными элементами.

Дополнительной функцией сайта может стать цифровой экскурсовод, предоставляющий информацию об объектах, встречающихся на маршруте. При приближении к определенному месту пользователь получает возможность ознакомиться с его историей, особенностями ландшафтной организации, архитектурными деталями или экологическим значением. Так навигатор выполняет не только информационную, но и познавательную функцию, способствуя более внимательному восприятию парковой средой. В завершении прогулки у человека есть возможность оценить пройденный маршрут по пятибалльной шкале, что способствует развитию и корректировке системы. Указанный сайт будет доступен по QR-коду.

Посетителю более комфортно, когда электронная навигация дополняет визуальную, а не является единственный способом ориентации [2]. Для большего удобства посетителей предлагается дополнение также в виде традиционной, эмоционально-знаковой системе ориентации. Данное приложение является не только инструментомнаправления, но и средством взаимодействия человека с ландшафтной архитектурой. Особое внимание уделяется персонализации прогулок, исследованию территории и повышению доступности паркового пространства.Таким образом, потенциальная ценность такого решения состоит в повышении удобства ориентации, расширении представлений посетителей о территории и создании условий для более осознанного взаимодействия с ландшафтной архитектурой.

Литература

1. Пономарева Е.С. Стратегии пространственного ориентирования в городской среде // Молодежь и наука: сб. мат. IX Всерос. науч.-тех. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. С. 1-3.
2. Михеева Е.С., Дорофеева Н.Н. Навигация в городской среде как компонент системы сопутствующего обслуживания на примере города Хабаровска// Инновации и инвестиции Том 12, 2021 с. 193-194

УДК 72. 728

МОДЕЛИ СОУЧАСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ XX ВЕКА

Фролов А.Д., Огиенко Е.Л.
РУДН, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия
tengue@list.ru, archifrolov@yandex.ru

Концепция архитектурного соучастия (participatory architecture) представляет собой методологию проектирования, основанную на активном включении конечных пользователей – будущих жителей и местных сообществ – в процессы формирования их жилого пространства. Возникнув в 1960-х годах в качестве ответа на доминировавшие в то время авторитарные подходы в градостроительстве, данная концепция прошла значительную эволюцию и в современной практике реализуется в проектах социального жилья, коллективного проектирования и инновационных моделях расселения. Модели архитектуры соучастия, зародившиеся в 1960-е годы, возникли как ответ на неудовлетворенность: общества – стандартизированными решениями муниципального и массового рыночного жилья; профессионального сообщества – ограничениями в проектировании при реконструкции исторических центров [1, 2].

Джанкарло Де Карло (Giancarlo De Carlo) в своей ключевой работе «Университетский кампус в Урбино» в 1962–1983 г. Описал свою модель соучастного проектирования [3– 5]. Создал проект на основе коллективных решений через воркшопы и публичные обсуждения. Итальянская школа участия Partecipazione in Architettura сформировалась в 1960-х годах как ответ на кризис модернистской унификации жилой среды. Её ключевые принципы: отказ от авторитарного проектирования – архитектор как медиатор, а не диктатор формы; непосредственное включение будущих жителей в процесс проектирования и строительства; уважение к историческому контексту – синтез современного языка с локальными традициями; адаптивность пространств – возможность адаптации под меняющиеся социальные потребности. Де Карло организовал серии воркшопов, где пользователи предлагали идеи для планировки аудиторий и общественных зон. Здания спроектированы с возможностью трансформации (раздвижные перегородки, многофункциональные залы). Кампус встроен в ландшафт, в холмистый рельеф Урбино без нарушения исторического силуэта города.

Манифест «Architecture's Public» 1969 г. опубликован в журнале Architectural Design как критика модернистского подхода. Основные тезисы: архитектура как процесс, а не продукт. Проектирование должно включать этапы обсуждения с сообществами и отказ от универсальных решений в архитектуре. Роль архитектора не «творец», а «переводчик» потребностей людей в пространственную форму. Данный труд стал основой для европейских программ соучастия. Community Design Movement (Движение общественного проектирования) возникло в 1960-х годах в США и Великобритании как ответ на социальные проблемы городов: расовую сегрегацию, неравенство в доступе к жилью и неудовлетворённость населения типовыми проектами [6, 7]. Архитекторы и градостроители начали работать напрямую с локальными сообществами, чтобы создавать жильё и общественные пространства, соответствующие реальным потребностям людей.

В Нью-Йорке и Чикаго архитекторы работали с афроамериканскими и латиноамериканскими сообществами над улучшением жилищных условий.

Скандинавская модель в Дании и Швеции в 1960-х годах появилась концепция bofællesskab (жилые сообщества) – альтернатива традиционному индивидуальному жилью [6, 7]. Идея возникла из-за желания людей создать более социально ориентированную среду, где соседи взаимодействуют друг с другом, а не живут изолированно. Жилые группы (20–50 семей). Сообщества формировались по интересам: молодые семьи, пожилые люди, экологически ориентированные группы. В Дании такие проекты часто создавались учителями, врачами и другими представителями среднего класса. Члены сообщества вкладывали средства в строительство и обслуживание. Проект Sættedammen в Дании, 1968 г. в пригороде Копенгагена, где 27 семей объединились для создания жилого комплекса. Каждая семья имела приватную квартиру, но активно участвовала в жизни сообщества. Sættedammen стал образцом для сотен подобных проектов в Скандинавии.

Модели, которые описаны выше повлияли на современные практики соучаствующего проектирования и остаются актуальными сегодня.

Литература

1. Brolin B. Mass Housing: Social Research and Design // Human Identity in the Urban Environment / ed. by G. Bell, J. Tyrwhitt. London: Penguin Books Ltd, 1972. P. 366–375.
2. Wilkinson C. R. Evaluating the Role of Prior Experience in Inclusive Design: thesis. University of Cambridge, 2011. 267 p.
3. Christophers B. The New Enclosure: The Appropriation of Public Land in Neoliberal Britain. London: Verso, 2018. 352 p.
4. De Carlo G. Architecture's Public // Architectural Design. 1969. Vol. 39. P. 30–37.
5. De Carlo G. Urbino: The History of a City and Plans for Its Development. Cambridge: MIT Press, 1984. 200 p.
6. De Carlo G. The Scope of Social Architecture / ed. by R. C. Hatch. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984. P. 6–8.
7. Hardie G. J. Community participation based on three dimensional models // Design Studies. 1988. Vol. 9. P. 56–61.

УДК 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАДИГМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЗЕЛЕНЫХ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Ху Цяньвэнь, Мальцева И.Н.

Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

h3096568738@gmail.com,i.n.maltceva@urfu.ru

В реконструкции существующих жилых районов существует практическая проблема: рассчитанное на стадии проекта сокращение выбросов углерода часто не совпадает с фактическими показателями после ввода в эксплуатацию. Данные, полученные в результате расчетов специалистами, существенно различаются,

а эксплуатационные данные невозможно вернуть в модель. Существующие исследования цифровых двойников в основном сосредоточены на оптимизации энергопотребления отдельных зданий на этапе эксплуатации; обсуждений, ориентированных на масштаб сообщества и охватывающих весь процесс реконструкции, пока относительно мало [1, 2]. В данной работе предпринята попытка объединить предпроектную диагностику, моделирование вариантов, углеродный учёт и эксплуатационный мониторинг в единой цифровой модели,чтобы последующие эксплуатационные данные могли корректировать параметры модели. Под «парадигмой» в данной работе понимается именно такая организация процесса реконструкции, в которой охватывается процесс от диагностики и моделирования до оценки обратной связи, а цифровой двойник выступает носителем данных на всех четырех этапах.

Конкретный подход состоит из трех этапов. Во-первых, в существующих жилых районах часто отсутствуют полные чертежи и информация о материалах. В данной работе для восполнения геометрических данных и данных о материалах используются обратное BIM-моделирование и трёхмерные облака точек, которые служат основой цифрового двойника [3,4]. Во-вторых, на этой основе моделирование ветровой, тепловой, акустической и радиационной среды, а также углеродный учет по оценке жизненного цикла (LCA) сводятся в единую модель, что обеспечивает взаимную связь результатов моделирования и данных углеродного учёта. Наконец, подключаются данные мониторинга Интернета вещей (IoT), проверяются отклонения моделирования и корректируется следующий вариант проекта [1, 2].

В качестве примера выбран многоэтажный жилой квартал в районе Янпу города Шанхай, построенный в 1980-х годах. Необходимо отметить, что приведённые ниже данные о сокращении выбросов углерода и затратах представляют собой перекрестное сравнение технических решений, а не сопоставление до и после реконструкции. По сравнению с традиционной централизованной системой энергоснабжения система «энергетическая шина + цифровой двойник» обеспечивает сокращение выбросов углерода на этапе эксплуатации на 83,3%, на этапе строительства – на 39,7%. Значительная разница между этапами строительства и эксплуатации показывает, что преимущества данного решения проявляются главным образом на этапе эксплуатации. При этом цифровой двойник выполняет две основные функции: на предпроектной стадии – моделирование и сравнение вариантов энергетической шины по контуру энергоснабжения, трассировке сетей и согласованию нагрузок; на этапе эксплуатации – корректировку прогноза нагрузок на основе данных мониторинга и настройку стратегии мощности энергетической шины. Показатель 83,3 % является общим результатом системы; вклад цифрового двойника проявляется главным образом в эффективности сравнения вариантов и точности эксплуатационной настройки, а не в прямом сокращении выбросов. Следует отметить, что данный процесс зависит от достаточно полных исходных данных и постоянных вложений в эксплуатацию и обслуживание; для жилых районов с менее полными данными целесообразность распространения требует отдельной оценки с учетом затрат.

Литература

1. Weerasinghe L.N.K., Darko A., Chan A.P.C., Xiao B. Digital twin for sustainable decision-making in building net zero carbon retrofitting: a systematic review // Built Environment Project and Asset Management. 2025. pp. 1–17.
2. Shafique A., Tahir M. Digital twin systems for whole-life carbon assessment in net-zero building retrofit in the United Kingdom: a systematic literature review and policy analysis // Frontiers in Built Environment. 2026. Vol. 12.
3. Huang G., Zhou C., Zhang S., et al. Life Cycle Carbon Emission Accounting of an Old Residential Community Based on Digital Technologies: A Case Study of Nanyuan Xincun, Hefei // Buildings. 2026. Vol. 16, No. 10, 1988.
4. Yu Q., Guo J. Research on Multi-dimensional Evaluation and Low-carbon Update Strategy of Outdoor Environment in Existing Residential Areas from the Perspective of Green Building Standards – An Integrated Optimization Method Combining BIM Technology // Proceedings of the 2025 2nd International Conference on Digital Society and Artificial Intelligence (DSAI 2025). ACM, 2025.

УДК 004.925

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЛАСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ NANO BANANA PRO

Цянь В., Мальцева И.Н.
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
Qianwanting81@gmail.com

Традиционная архитектурная визуализация основана на трёхмерном моделировании, настройке материалов, освещения и рендеринге, что требует значительных временных затрат и высоких аппаратных ресурсов. Nano Banana Pro – это доступный через веб-платформу инструмент генерации и редактирования изображений на основе искусственного интеллекта (ИИ). ИИ поддерживает запросы на естественном языке, режимы «текст-в-изображение», «изображение-в-изображение» и локальную перерисовку, позволяя за несколько минут создавать высококачественные визуализации [1]. В данной работе на примере преобразования плана квартиры в визуализацию планировки анализируются применение и ограничения Nano Banana Pro в создании архитектурных визуализаций.

В ходе теста в качестве исходного изображения был загружен план квартиры в CAD с расстановкой мебели (рис. 1а) и введено описание: «Улучшить двумерное черно-белое изображение до визуализации плана квартиры с высоты птичьего полёта; стиль – современный минимализм; кухня в левом верхнем углу – тёмный камень, ванная в левом нижнем углу – светлый камень, остальные полы – светлое дерево, мебель – тёмное дерево; белые полупрозрачные шторы на панорамных окнах справа слегка колышутся от ветра; солнечный свет проникает в помещение, создавая светотень». Модель распознала связи стен, функциональное зонирование и за несколько минут сгенерировала визуализацию с базовыми материалами и светотенью (рис. 1б). Генерация каждого изображения занимает около двух–пяти минут. По сравнению с длительным процессом в традиционном рабочем процессе Nano Banana Pro демонстрирует значительное преимущество в скорости визуализации.

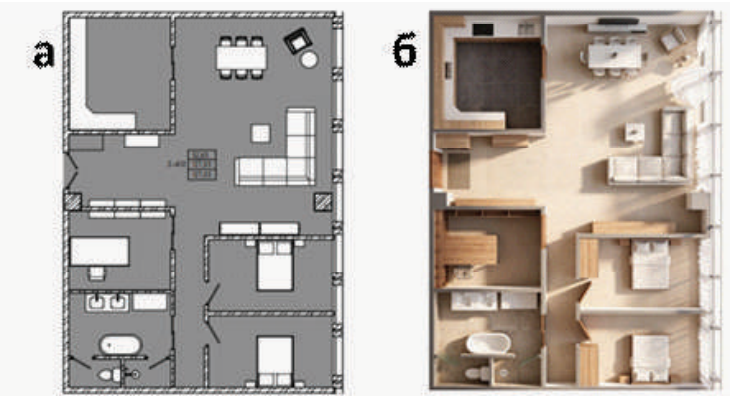


Рис. 1. *План квартиры: а – план разработан автором, б – визуализация. Сгенерировано автором с помощью Nano Banana Pro*

Если результат не устраивает, можно добавить более подробное описание для конкретной части или воспользоваться локальной перерисовкой, постепенно улучшая изображение. По сравнению с традиционным проектированием инструмент позволяет быстро преобразовать двумерный план в трёхмерную визуализацию и генерировать множество вариантов в разных стилях, значительно сокращая временные и трудовые затраты.

Однако языковое описание обладает неоднозначностью: при недостаточно точной подсказке результат отклоняется от ожидаемого, и пользователю приходится многократно корректировать описание и повторно генерировать изображение [2]. Цикл «описание – генерация – повторное описание» повышает гибкость, но может снижать общую эффективность из-за роста числа проб и ошибок. Поэтому преимущество инструмента в эффективности во многом зависит от способности пользователя управлять языковым описанием. Тем не менее, в проектировании он способен с низкими затратами быстро предоставлять визуализации для концептуального выражения замысла и сравнения вариантов, выступая вспомогательным средством традиционного моделирования и рендеринга.

Литература

1. Google DeepMind. Gemini 3 Pro Image (Nano Banana Pro) // Google AI for Developers. URL: https://ai.google.dev/gemini-api/docs/models/gemini-3-pro-image?hl=zh-cn
2. Zuo J., Deng H., Zhou H., et al.. Is Nano Banana Pro a Low-Level Vision All-Rounder? A Comprehensive Evaluation on 14 Tasks and 40 Datasets // arXiv preprint. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2512.15110.

УДК 721.021

СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ АРХИТЕКТУРНОЙ КОНЦЕПЦИИ

Чудиновских Ю.П.
Научный руководитель: ст. преп. н.с. Дар В.В.
Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С.Алфёрова, Екатеринбург, Россия.
jul900200@mail.ru

В современной архитектурной практике разработка предпроектной концепции сопровождается большим объемом технической работы. Актуальность внедрения цифровых сервисов внутри архитектурного бюро продиктована необходимостью оптимизировать рутинные процессы и стандартизировать выпускаемую документацию на этапе концептуального проектирования. Эволюция инструментария от базовых технологий информационного моделирования к применению программных алгоритмов и нейросетей позволяет перераспределить ресурсы команды, сместив фокус с ручных вычислений на качественное проектирование.

Архитектурная концепция – это начальная стадия проектирования, направленная на формирование принципиальной объемно-пространственной идеи объекта строительства. В российской практике этот этап предшествует проектной и рабочей документации и выступает начальной стадией эскизного проекта [1]. Процесс создания архитектурной концепции включает восемь этапов: сбор исходных данных, анализ градостроительной ситуации, выявление ограничений, разработку вариантов посадки зданий, проверку инсоляции, расчет технико-экономических показателей (далее – ТЭП), подготовку видовых кадров и итоговое формирование альбома [2]. Этапы поиска концептуального решения зачастую цикличны. Изменение конфигурации объекта требует перерасчета показателей, что замедляет работу. Для решения применяется система из четырех цифровых сервисов, оптимизирующие этапы концептуального проектирования.

Первый инструмент – сервис генерации жилой застройки, который автоматизирует сбор данных и поиск пространственных решений. Сначала сервис агрегирует информацию из нормативной документации и публичной кадастровой карты, выявляет зоны с особыми условиями использования и существующие ограничения. На основе этих параметров формируется допустимое пятно застройки и проектируются варианты посадки зданий. Архитектор получает возможность сравнить варианты по предварительным ТЭП, инсоляции, объемному решению и автоматически сформировать отчет для дальнейшей проработки концепции.

Второй инструмент позволяет оценить инсоляцию зданий. Система проецирует сетку расчетных точек на фасады трехмерной модели и производит расчет согласно существующему местоположению объекта. Результатом становится тепловая карта, где цветом маркируется продолжительность прямого солнечного облучения. Это избавляет проектировщика от необходимости проверять помещения по отдельности и позволяет выявить фасады, не проходящие по нормам, для дальнейшей корректировки формы или этажности.

Третий сервис предназначен для оценки стоимости строительства. Инструмент связывает 3D-модель со встроенной библиотекой, содержащей типовые решения квартир и лестнично-лифтовых узлов. Сервис извлекает физические объемы и рассчитывает количество затрачиваемых материалов. Система автоматически формирует отчет по 16 разделам работ от земляных до отделочных, что позволяет сравнивать варианты посадки на основе их себестоимости.

Четвертый инструмент отвечает за визуализацию видовых кадров и базируется на технологиях искусственного интеллекта. Работа строится на основе текстовых запросов и референсных изображений: нейросеть добавляет реалистичное освещение, погодные условия, людей и элементы благоустройства, сохраняя при этом заданную геометрию объекта. Встроенный редактор позволяет локально перерисовывать фрагменты генерации без изменения всего изображения [3]. В результате архитектор формирует альбом архитектурной концепции, включающий предпроектный анализ, схему ограничений, несколько вариантов посадки зданий на территорию, анализ инсоляции, технико-экономические показатели и видовые кадры проектируемой застройки.

Таким образом, разработка и внедрение собственной системы цифровых сервисов позволяет сформировать непрерывный рабочий процесс, в котором программы берут на себя сбор данных, циклические вычисления и генерацию изображений. За счет передачи рутины автоматизированным системам кратно ускоряется процесс создания концепции, а у команды появляется время на проработку большего числа вариантов и выбор наиболее эффективной посадки зданий.

Литература

1. Быстрова Т.Ю. Специфика проектных концепций в архитектуре и дизайне // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. №. 2. С. 35-40.
2. Шулика Т.О., Лебедев В.Н. Алгоритм создания проектной концепции на основе результатов анализа контекста // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. №. 3 (56). С. 400-415.
3. Акшов Э.А., Терехова А.К. Генеративные нейросети в архитектурной практике: инструменты и сценарии применения //Architecture and Modern Information Technologies. 2025. №. 2 (71). С. 362-374.

УДК 72.025.4:004.9

ОТ ОБЛАКА ТОЧЕК К АРХИТЕКТУРНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ: МУЛЬТИМАСШТАБНЫЙ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС НА ОСНОВЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И БПЛА-LIDAR

Чэ Цзиньяо

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

805427593@qq.com

В материалах NITAC'2025 показана эффективность наземного лазерного 3D-сканирования для обследования архитектурного наследия и последующей интеграции данных в HBIM [1]. Однако в практической инвентаризации масштаб задачи меняется от интерьеров, фасадов и сложных архитектурных узлов до участка, рельефа и пространственного контекста. Поэтому использование одного способа съёмки не обеспечивает одинаково рациональный сбор данных на всех уровнях. Цель работы – сформировать воспроизводимый мультимасштабный рабочий процесс, связывающий наземное лазерное сканирование (TLS) и БПЛА-LiDAR с выпуском измеряемой архитектурной документации.

Материалом послужил опыт двух типов натурных работ: наземного лазерного сканирования исторических культовых зданий в г. Цзинань и применения БПЛА-LiDAR при инвентаризации объектов водного культурного наследия в г. Чжэнчжоу. Рабочий процесс разделён на пять этапов: 1) постановка задачи и выбор масштаба фиксации; 2) планирование и выполнение съёмки; 3) регистрация или геопривязка, очистка и классификация облаков точек; 4) получение масштабно-зависимых производных – сечений, ортогональных проекций, моделей рельефа и пространственного контекста; 5) векторизация и передача результатов в CAD, GIS или HBIM. Для каждого этапа учитываются доступность объекта, окклюзии, требуемая детализация и тип конечного документа.

Сопоставление двух способов фиксации показывает их функциональное разделение. TLS целесообразен там, где критичны сложная геометрия, внутренние пространства и возможность многократно извлекать измеряемые сечения и проекции. БПЛА-LiDAR рационален для протяжённых и пространственно разобщённых объектов, когда одновременно требуется фиксировать рельеф, окружающую застройку и связь объекта с территорией. При совместном применении ключевым является не механическое объединение всех облаков точек, а единая логика координатной привязки, метаданных и требований к выходным материалам. На этой основе предлагаются трёхуровневая цепочка данных «исходное облако точек – нормализованный набор геометрических данных – прикладная документация» и схема выбора «масштаб – задача – сенсор – выходной материал».

Научно-практическая новизна подхода состоит в том, что технология съёмки выбирается исходя из требуемого масштаба и конечного информационного продукта, а не рассматривается как самостоятельная цель. Исследования по цифровой фиксации наследия подтверждают эффективность воздушно-наземной координации на разных масштабах [2], а развитие HBIM требует сохранения прослеживаемой связи между исходными геометрическими данными и структурированной моделью объекта [3]. В отличие от схем, ограниченных одним зданием, предложенный процесс включает переход «архитектурный элемент – здание – территория» и напрямую связывает полевую фиксацию с CAD/GIS/HBIM-документацией.

Предложенная схема может применяться при первичной инвентаризации, подготовке обмерных материалов, формировании основы для картирования повреждений и последующего информационного моделирования объектов наследия. Мультимасштабная организация съёмки позволяет заранее согласовывать требуемый результат с методом фиксации и сохранять проверяемую связь между полевыми данными и проектно-охранной документацией. Дальнейшая работа связана с формализацией критериев качества, стандартизацией метаданных и правилами передачи данных между CAD, GIS и HBIM.

Литература

1. Мельникова О.В., Костылев В.Ю. Применение лазерного 3D-сканирования в обследовании и реставрации архитектурного наследия // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УрГАХУ, 2025. С. 33.
2. Tian M., Zheng C., Lou N. Research on the Integrated Application of Multi-scale 3D Digital Technologies in Village Heritage Conservation // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. Vol. XLVIII-M-9. P. 1499–1506. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1499-2025.
3. Liu J., Li B. Heritage Building Information Modelling (HBIM): A Review of Published Case Studies // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2024. Vol. XLVIII-1. P. 387–393. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-2024-387-2024.

УДК 72.012:004.8

ГЕНЕРАЦИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПО МУЛЬТИМОДАЛЬНОМУ ЗАПРОСУ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РАСЧЕТОМ ТЭП В СВЯЗКЕ ИИ – GRASSHOPPER – ARCHICAD

Шабанов К.Е.
Научный руководитель: асс. каф. ГГХ Максатова А.М.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия.
k.shabanov@sibstrin.ru

Параметрическое проектирование в Rhino/Grasshopper [1] позволяет архитектору работать со сложной, нестандартной формой, но освоить его непросто: нужно мыслить алгоритмами и тратить много времени на сборку скриптов. Современные нейросети понимают и текст, и изображения. Пока готовые решения либо помогают собирать скрипты в Grasshopper без связи с BIM-моделью [2], либо работают как закрытые платформы для типовой застройки [3]. Даже в профессиональном обучении цепочка «нейросеть – Rhino –Grasshopper –BIM» проходится вручную: нейросеть выдаёт лишь картинку, а скрипт и ТЭП архитектор делает сам [4]. Цель работы – разработать метод и прототип плагина, который по текстовому описанию или изображению строит уникальную параметрическую форму в Grasshopper, передаёт её в ArchiCAD и сразу считает ТЭП. Для этого были поставлены задачи: изучить существующие ИИ-инструменты; собрать библиотеку генераторов формы (башенные, террасные, оболочковые объёмы); настроить перевод запроса в параметры; организовать передачу модели в ArchiCAD и подсчёт ТЭП; оформить всё как плагин и сравнить с ручной работой. Проблема состоит в том, что поиск формы, BIM-модель и расчёт ТЭП ведутся в разных программах.



Рисунок. *Схема работы инструмента. Разработано автором*

Инструмент работает как последовательная цепочка, схема которой показана на рисунке. Пользователь описывает замысел словами, эскизом или фотографией. Языковая модель разбирает запрос, по изображению определяет пропорции, ритм и тип формы и подбирает нужные генераторы с их параметрами. Затем Python-компонент передаёт эти значения в Grasshopper, где строится геометрия. Разнообразие форм достигается комбинированием генераторов, а под нестандартный запрос модель может дописать генератор. Готовая модель через LiveConnection [5] попадает в ArchiCAD в виде перекрытий, стен и зон. По зонам сразу считаются площадь застройки, общая площадь, строительный объём, коэффициенты застройки и плотности застройки [6], а также компактность формы. Эти показатели возвращаются нейросети, и форму можно тут же доработать. Код плагина пишется с помощью ИИ-ассистентов (так называемый вайбкодинг).

Научная новизна работы состоит в том, что предложен сквозной путь от текста или изображения к BIM-модели с расчётом ТЭП. В итоге предложен метод, объединяющий поиск формы, BIM-модель и расчёт ТЭП в одном инструменте, каждая из задач внесла в него свою часть. Изучение ИИ-инструментов позволило выбрать мультимодальную языковую модель и связку Grasshopper — ArchiCAD. Комбинирование генераторов даёт нестандартные, но управляемые формы. Перевод текста и изображения в параметры упрощает вход в параметрическую архитектуру. Передача модели в ArchiCAD с подсчётом ТЭП позволяет оценивать варианты на эскизе. Плагин удобен для повторного использования, а сравнение с ручной работой покажет экономию времени.

Литература

1. Grasshopper – algorithmic modeling for Rhino. URL: https://www.grasshopper3d.com/ (датаобращения: 28.09.2026.)
2. Ant: Your Ai copilot for Grasshopper // Rhino News, etc. 2026. 13 февр. URL:https://blog.rhino3d.com/2026/02/ant-your-ai-copilot-for-grasshopper-new.html
3. Autodesk Forma Site Design// Autodesk. URL: https://www.autodesk.com/products/forma-site-design/overview
4. Бедовая М, Бирюков В. Искусство создания промптов. Нулевой этап генерации архитектурных концепций вебинар // Университет Минстроя НИИСФ РААСН. 2024. 27 дек. URL: https://dzen.ru/video/watch/676fcf946e1f577857f36ea0
5. Grasshopper-ArchiCAD Live Connection: User Guide / Graphisoft. URL: https://help.graphisoft.com/AC/28/INT/GC.pdf
6. СП 42.13330.2026. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. М.,2017.

УДК69:004.42

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОСМОТРА И АНАЛИЗА IFC-МОДЕЛЕЙ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Шебила Акрам

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

chebilaakram36@gmail.com

Технологии информационного моделирования зданий (BIM) сегодня активно используются в проектировании и строительстве зданий. Важным элементом технологии BIM является формат IFC (Industry Foundation Classes) – открытый международный стандарт (ISO16739), который разработан организацией building SMART International [1]. Формат IFC даёт возможность специалистам обмениваться данными о здании между разными программами независимо от их производителя.

Однако на практике доступ к полному содержимому IFC-файлов часто затруднён. Большинство современных программ для просмотра и анализа IFC-моделей, например Solibri и Autodesk Navisworks, являются коммерческими и требуют покупки лицензии, а также установки на компьютер и значительных аппаратных ресурсов. Это создаёт барьер для студентов, небольших проектных организаций и специалистов из стран с ограниченным доступом к лицензионному программному обеспечению.

Целью данной работы является разработка концепции свободного веб-приложения для просмотра и анализа IFC-моделей, которое работает непосредственно в браузере пользователя, без установки дополнительного программного обеспечения и без обращения к серверу.

Анализ существующих решений. Кроме коммерческих программ, за последние годы появились открытые библиотеки для работы с IFC-файлами в браузере. Главной из них является библиотека web-ifc [2] – низкоуровневый парсер IFC-файлов, реализованный на языке C++ и скомпилированный в формат WebAssembly (WASM). Такой парсер обеспечивает высокую скорость чтения геометрии и атрибутов модели прямо на стороне клиента, без передачи файла на сервер. Поверх библиотеки web-ifc разработчиками компании That Open создан набор компонентов @thatopen/components [3], который предоставляет готовые инструменты для построения полнофункциональных BIM-приложений. Для визуализации трёхмерной геометрии широко применяется библиотека three.js [4], работающая на основе технологии WebGL.

Концептуальный подход. Предлагаемое веб-приложение состоит из трёх основных частей. Первая часть – модуль парсинга данных, использующий библиотеку web-ifc для чтения файла IFC и извлечения геометрии, а также свойств элементов здания (стен, перекрытий, инженерных систем). Вторая часть – модуль визуализации, построенный на основе three.js и WebGL, который отображает трёхмерную модель здания непосредственно в браузере пользователя. Третья часть – пользовательский интерфейс, включающий дерево иерархии элементов модели и панель атрибутов, что позволяет не только визуально просматривать модель, но и анализировать её данные, например фильтровать элементы по классу или значению свойств.

Главной особенностью предлагаемого решения является полностью клиентская архитектура: файл IFC обрабатывается целиком в браузере пользователя, без передачи модели на удалённый сервер. Такой подход снижает требования к серверной инфраструктуре, повышает конфиденциальность данных пользователя и делает приложение доступным на любом устройстве с современным веб-браузером.

Разработка свободного веб-приложения для просмотра и анализа IFC-моделей позволит частично решить проблему ограниченного доступа к специализированному программному обеспечению для работы с BIM-моделями. Использование клиентской архитектуры на основе WASM-парсера web-ifc в сочетании с библиотекой three.js даёт возможность создать удобный инструмент без серверной инфраструктуры и без затрат на приобретение лицензий. Дальнейшая работа будет направлена на практическую реализацию описанной концепции и тестирование приложения на реальных IFC-моделях.

Литература

1. BuildingSMART International. Industry Foundation Classes (IFC): официальная документация стандарта ISO 16739. URL:https://www.buildingsmart.org.
2. ThatOpen (ранее IFC.js). web-ifc: библиотека для чтения и записи IFC-файлов. Репозиторий на GitHub. URL:https://github.com/ThatOpen/engine_web-ifc.
3. ThatOpen. @thatopen/components: набор компонентов для разработки BIM-приложений в браузере. Репозиторий на GitHub. URL: https://github.com/ThatOpen/engine_components.
4. Cabello R. three.js: JavaScript-библиотека для 3D-визуализации. URL: https://threejs.org.

УДК 004.9+72.026

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИСТОРИЧЕСКОГО ЗДАНИЯ: ОПЫТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКРОВСКОГО ХРАМА СЕЛА БАЙКАЛОВО

***Шилова Н.С.*[1]**

***Научный руководитель: м.н.с. Романов А.С.*[2]**

[1]Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[2]Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, Екатеринбург, Россия

nadezhda_shilova01@mail.ru, emm.yikes@gmail.com

Современные технологии 3D-моделирования и ТИМ-подходы позволяют визуализировать утраченные памятники архитектуры и формировать достоверные информационные модели и цифровые двойники для научных, музейных и реставрационных задач [1]. С начала 2010-х годов активно развивается практика интеграции исторических данных в информационные модели зданий, что даёт возможность комплексно анализировать эволюцию объекта во времени и пространстве. Целью проекта является создание цифровой модели Покровской церкви села Байкалово в среде Renga. Модель отражает исторический облик храма после масштабной перестройки 1879-1882 гг., когда здание было расширено и поднято, а его композиция и силуэт существенно изменились. Каменная Покровская церковь является сложным объёмно-планировочным комплексом с несколькими приделами, колокольней и оградой, требующим детальной проработки конструктивных и декоративных элементов (рис. а).

Основой для модели послужили архивные описания, исторические планы и фотографии, а также опубликованные материалы по истории Байкаловского прихода [2, 3]. Ключевые точки реконструкции: даты строительства и освящения приделов (Христорождественский – 1797 г., Покровский – 1800 г., Иоанно-Предтеченский – 1819 г., Пророко-Ильинский – 1858 г.); перестройка 1879–1882 гг. с расширением и подъёмом здания, упразднением придела под колокольней и изменением северного придела; ограда и лавки (каменная ограда с чугунными решётками, устроена в 1834 г., перестроена в 1889 г.; лавки сдавались в аренду и убраны при перестройке) [2].



Рисунок. *а – Покровская церковь села Байкалово: исторический облик храмового комплекса. Фото из открытых источников; б – схема верхней части храмовой композиции. Автор Н.С. Шилова*

В Renga модель формируется с учётом исторической последовательности изменений: сначала создаётся базовая геометрия объёмов (четверик, трапезная, апсида, колокольня), затем добавляются приделы и детали (окна, порталы, карнизы, кровля). Особое внимание уделяется высотным отметкам и пропорциям из описаний (например, высота колокольни со шпилем достигала 51 м) (рис. б). Для повышения достоверности в модель вносятся подтверждённые источниками элементы: форма куполов, тип кровли, конфигурация ограды и расположение лавок [3].

В дальнейшем модель может применяться для: виртуальной реконструкции утраченных элементов (колокольня, купол, кресты, ограда с лавками) [3]; интеграции в AR/VR-среды для музейной презентации и образования; подготовки материалов к реставрации и историко-культурной экспертизе; публикации в открытых базах культурного наследия с 3D-просмотром.

Таким образом, ТИМ-моделирование Покровской церкви в Renga позволяет не только зафиксировать её исторический облик, но и создать многофункциональный цифровой ресурс, объединяющий архитектурные, исторические и краеведческие данные.

Литература

1. Николаев Н.Н., Артемов А.А. Технологии визуализации объектов архитектурного наследия // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. V Междунар. науч.-практ. конф./ под общ. ред. С.С. Семенова. СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 111–116. DOI: 10.23978/BIMAC.2022.037.
2. Приходы и церкви Екатеринбургской епархии. Екатеринбург: Братство Св. Праведного Симеона Верхотурского Чудотворца, 1902. 647 с.
3. Юмашева Ю.Ю. Источниковая база виртуальных исторических реконструкций объектов историко-культурного наследия: к постановке проблемы // Историческая информатика. 2020.

УДК 004.9:69.05

ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Ширяев А.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Князева Н.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

sshirryevv@gmail.com, Nknyazeva@mgsu.ru

При многоканальном взаимодействии участников строительного проекта решения фиксируются в мессенджерах, электронной почте, протоколах совещаний и документах. Распределённость записей затрудняет восстановление содержания решений, их актуального статуса и оснований изменения проектной информации. Цель работы – систематизировать причины потери прослеживаемости информационно значимых решений и предложить подход к их структурированному представлению в контексте Единой системы информационного моделирования (ЕСИМ).

Выполнено качественное сопоставление положений ГОСТ Р 10.00.00.05-2025 [1] и подходов к фиксации результатов взаимодействия: BIM Collaboration Format (BCF) [2], журналов решений и интеграции электронной почты. Рассмотрены централизация записей, связь с моделью и средой общих данных (СОД), охват типов решений, автоматизация извлечения и связь с точками принятия решений (ТПР). Учтён подход к документированию оснований проектных решений в BIM [3].

Предложена классификация причин потери прослеживаемости, включающая шесть групп: 1) распределение информации между каналами коммуникации; 2) отсутствие самостоятельной идентификации решения; 3) неполнота фиксации содержания, оснований и ролей участников; 4) отсутствие явных связей с информационными контейнерами и ТПР; 5) неявное изменение статуса и преемственности решений; 6) организационные разрывы при передаче информации. Последняя группа связана с неопределенностью ответственного за фиксацию результата и момента его включения в управляемую проектную информацию. Потеря прослеживаемости не обязательно означает исчезновение исходных записей: они могут сохраняться, но не позволять однозначно восстановить действующее решение и историю его изменений.

Одновременно возникают распределённость источников, разрыв связей и неопределённость актуального статуса. Классификация позволяет сформулировать требования к представлению решения: самостоятельная идентификация, сохранение источника и контекста, явные связи с проектной информацией и отражение изменений состояния.

Введено рабочее определение: информационно значимое решение – зафиксированный результат взаимодействия участников проекта, изменяющий или уточняющий содержание, сроки, ответственность либо условия выполнения работ и значимый для последующих действий. Предложена модель отдельного информационного объекта, содержащего идентификатор, содержание, участников и их роли, дату и канал фиксации, ссылку на источник, статус и связи с информационными контейнерами. Связь с ТПР устанавливается, если решение к ней относится.

В целевом процессе при фиксации результата обсуждения создаётся или обновляется объект решения со ссылкой на исходную запись. Различаются состояния «предложено», «согласовано», «отменено» и «заменено»; предложение не приравнивается к действующему согласованию. При замене сохраняется связь с предшествующим решением. Для устранения организационных разрывов необходимо определить ответственного за фиксацию и порядок передачи записей между участниками.

Результат работы – классификация причин потери прослеживаемости и концептуальная модель представления решений для развития СОД. Предложенный подход направлен на сохранение контекста и истории изменений. Распространённость выделенных причин и применимость модели требуют проверки на материалах строительных проектов. Дальнейшая работа связана с такой проверкой и автоматизацией извлечения решений из текстовых источников.

Литература

1. ГОСТ Р 10.00.00.05-2025. Единая система информационного моделирования. Жизненный цикл объекта ин формационного моделирования. Жизненный цикл информационной модели. Общие положения.
2. BuildingSMART International. BIM Collaboration Format (BCF). URL: https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/.
3. Zahedi A., Abualdenien J., Petzold F., Borrmann A. BIM-based design decisions documentation using design episodes, explanation tags, and constraints // Journal of Information Technology in Construction. 2022. Vol. 27. P. 756–780. DOI: 10.36680/j.itcon.2022.037.

УДК004:624

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Шэнь Янфань, Фомин Н. И., Чэ Цзиньяо
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия
1610534217@qq.com

Повторное освоение подработанных территорий требует перехода от разрозненных данных наблюдений к количественным показателям строительной безопасности [1, 2]. Цель работы – информационно-аналитическая оценка остаточных деформаций площадки переселения Булан-3 шахты Сяоцзихань, предназначенной для малоэтажной застройки.

Методика объединяет пространственное сопоставление выработанных участков и проектируемой площадки, анализ длительных наблюдений и региональную инверсию параметров вероятностного интегрального метода. По 27 сериям наблюдений лавы 11219 получены q = 0,67, tgβ = 1,91, b = 0,32, S = 0,15H и k = 0,55.

Расчет показал: остаточное оседание – до 266 мм, наклон — до 1,72 мм/м, горизонтальная деформация – до 1,78 мм/м, кривизна – до 0,0167×10^{-3}/м. Полевое обследование не выявило трещин, уступов и провальных воронок.

По результатам расчета выполнено пространственное зонирование (см. рисунок): центральная часть характеризуется меньшими остаточными деформациями; периферийные участки относятся к зоне контролируемого строительства; зоны у границ выработанных пространств и наложения влияния требуют усиленного контроля. Такая визуализация связывает мониторинговую информацию с решениями по размещению зданий и подготовке основания.

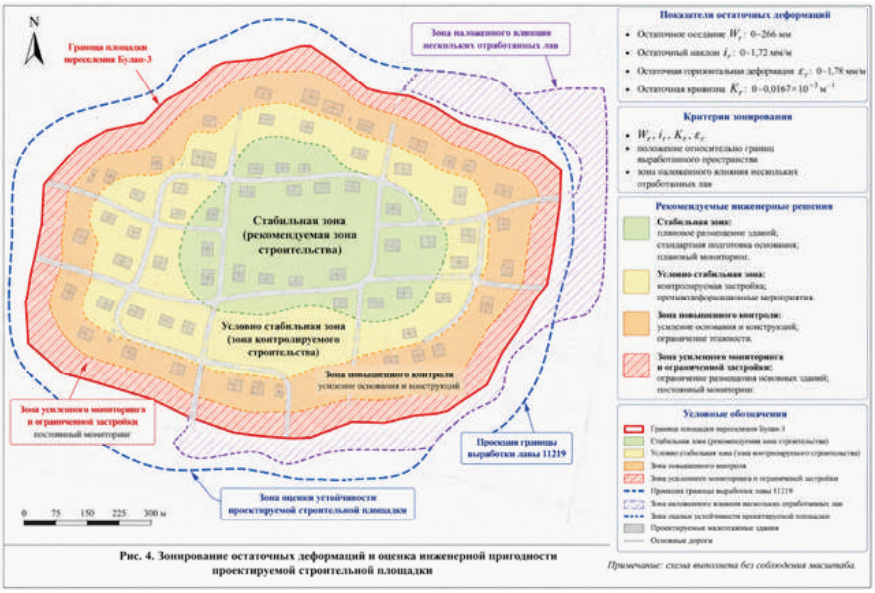


Рисунок. *Зонирование остаточных деформаций и инженерной пригодности площадки Булан-3. Разработано авторами*

Предложена цифровая информационно-аналитическая цепочка «идентификация выработанного пространства – калибровка параметров – прогноз остаточных деформаций – оценка устойчивости – строительный контроль». Для малоэтажной застройки она дополняется системой «площадка – основание – конструкция – мониторинг», включающей оптимизацию размещения зданий, армирование основания, связные фундаменты и контроль осадок, наклонов и трещин. Подход может применяться для информационного сопровождения безопасного повторного освоения подработанных территорий.

Литература

1. Guo Q., Meng X., Li Y. et al. A Prediction Model for the Surface Residual Subsidence in an Abandoned Goaf for Sustainable Development of Resource-Exhausted Cities // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 279. 123803. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123803.
2. Chi S., Wang L., Yu X., Fang X., Jiang C. Research on Prediction Model of Mining Subsidence in Thick Unconsolidated Layer Mining Area // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 23996–24010. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3056873.

Научное издание

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Материалы IX Международной научно-практической конференции
12–13 ноября 2026 г.

Научный редактор Г. Б. Захарова
Редактор И. Ш. Орлова
Верстка и дизайн обложки У.Б. Гицаревой
Фото на обложке С.А. Крылова

Изд-во «ИИЦ «Знак качества»

Издательство УрГАХУ «Архитектон»
Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 23

Печать ИП Чичадеев

Подписано в печать 5.11.2026
Формат 60x84/8. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. п. л. 16,2. Гарнитура Myriad Pro.
Тираж 60 экз. Заказ № 761