



13. Генералова Е. М. Формирование типологии стилобатов высотных зданий в соответствии с принципами транзитно-ориентированного проектирования / Е. М. Генералова, В. П. Генералов // Градостроительство и архитектура. – 2020. – Т. 10, №2. – С. 100–108. – DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.14 (дата обращения: 07.10.2024).
14. Толмасова П. И. Оценка влияния вертикального озеленения фасадов на энергоэффективность зданий / П. И. Толмасова, А. Н. Гойкалов, М. В. Новиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 5–11.
15. Викторова А. О. Метод расчета и конструировании плиты перекрытия стилобатной части монолитного здания в программном комплексе «Ли́ра-САПР – 2013» / А. О. Викторова, А. С. Афанасьев, Д. М. Муттагирова, Н. А. Гармаш, Д. А. Дубинин // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5 (56). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-raschyota-i-konstruirovanii-plity-perekrytiya-stilobatnoy-chasti-monolitnogo-zdaniya-v-programmnom-komplekse-lira-sapr-2013> (дата обращения: 29.08.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
16. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. – Дата введения 2022–06–20. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/351102147>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
17. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. – Дата введения 2012–01–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200085075>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
18. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – Дата введения 2016–09–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200133282>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
19. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. – Дата введения 2019–01–01. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200144936>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
20. ТН-СТИЛОБАТ ТРОТУАР. Система эксплуатируемой инверсионной крыши и стилобатной части здания под пешеходную нагрузку // Технониколь.Навигатор. – Режим доступа: <https://nav.tn.ru/systems/stilobat/trostuar> (дата обращения: 07.10.2024), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
21. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. – Дата введения 2017–06–04. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
22. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Дата введения 2019–06–20. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

© Л. Н. Лисиенкова, О. А. Будникова, Л. Ю. Комарова

Ссылка для цитирования:

Лисиенкова Л. Н., Будникова О. А., Комарова Л. Ю. Особенности расчета стилобатных элементов зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (5). С. 5–10.

УДК 332.8

DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-10-16

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

М. Ю. Ометова, И. А. Зайцева, С. А. Логинова, С. В. Левицкий, А. Н. Басов

Ометова Мария Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и инженерных систем, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (920) 679-10-56; e-mail: ometova_m@rambler.ru;

Зайцева Ирина Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управление и финансов, магистрант, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (915) 835-50-02; e-mail: 75zss@rambler.ru;

Логинова Светлана Андреевна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительства зданий и сооружений, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (906) 617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Левицкий Семен Васильевич, магистрант, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Российская Федерация, тел.: + 7 (915) 819-71-12; e-mail: knyaztmitb@yandex.ru;

Басов Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры строительства зданий и сооружений, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 331-14-10; e-mail: basovan@ystu.ru

В статье подробно разбирается роль цифровой трансформации в строительной индустрии, в частности, применение технологий информационного моделирования, таких как BIM (Building Information Modeling), для улучшения процессов проектирования и строительства. Основное внимание уделяется важности качества воздуха внутри зданий. Обосновывается использование цифровых технологий и программных продуктов с целью более точного и эффективного планирования, учитывая множество параметров, включая энергоэффективность, структурную надежность и особенно качество внутреннего воздуха. Авторами представлена принципиальная схема организации проектирования и строительства, в которой цифровизация играет ключевую роль в координации и оптимизации всех процессов. Сформулированы рациональные направления для дальнейшего развития и углубления цифровизации в строительных процессах, подчеркивая ее значимость для создания здоровой и устойчивой среды в малоэтажных жилых зданиях.

Ключевые слова: планирование, качество воздуха, цифровизация, информационное моделирование, энергоэффективность.

**DIGITALIZATION OF THE PLANNING PROCESS OF LOW-RISE BUILDINGS
TAKING INTO ACCOUNT THE QUALITY OF INDOOR AIR**

M. Yu. Ometova, I. A. Zaytseva, S. A. Loginova, S. V. Levitskiy, A. N. Basov

Ometova Mariya Yuryevna, Candidate of Technical Science, Associate Professor of Construction and Engineering Systems Department, Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russian Federation, phone: + 7 (920) 679-10-56; e-mail: ometova_m@rambler.ru;

Zaytseva Irina Aleksandrovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Economics, Management and Finance Department, undergraduate student, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russian Federation, phone: + 7 (915) 835-50-02; e-mail: 75zss@rambler.ru;

Loginova Svetlana Andreyevna, Candidate of Technical Sciences, Head of Construction of Buildings and Structures Department, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: + 7 (906) 617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Levitskiy Semyen Vasilyevich, undergraduate student, Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russian Federation, phone: + 7 (915) 819-71-12; e-mail: knyaztmitb@yandex.ru;

Basov Aleksandr Nikolayevich, Senior Lecturer of Construction of Buildings and Structures Department, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: + 7 (902) 331-14-10; e-mail: basovan@ystu.ru

The article examines in detail the role of digital transformation in the construction industry, in particular the use of information modeling technologies such as BIM (Building Information Modeling) to improve design and construction processes. The main focus is on the importance of indoor air quality. The use of digital technologies and software products is justified for more accurate and efficient planning, taking into account many parameters, including energy efficiency, structural reliability, and especially indoor air quality. The authors present a basic scheme for organizing design and construction, in which digitalization plays a key role in coordinating and optimizing all processes. Rational directions for further development and deepening of digitalization in construction processes are formulated, emphasizing its importance for creating a healthy and sustainable environment in low-rise residential buildings.

Keywords: *planning, air quality, digitalization, information modeling, energy efficiency.*

Введение

Качество внутреннего воздуха является критически важным аспектом для здоровья и благополучия человека. Пребывание в замкнутых помещениях может привести к различным заболеваниям, включая респираторные инфекции, астму, аллергические реакции и даже к более серьезным хроническим заболеваниям. В контексте малоэтажных зданий, в которых люди проводят значительную часть своего времени, обеспечение хорошего качества воздуха становится особенно актуальным [1, 2]. Вентиляция, предотвращение загрязнения воздуха внутренними источниками, а также контроль влажности и температуры – все это важные элементы проектирования, направленные на улучшение его качества.

Цифровизация проектирования малоэтажных зданий становится все более важной в области строительства. Это направление включает в себя использование современных технологий, таких как информационное моделирование зданий (BIM), которое позволяет архитекторам и инженерам создавать детализированные 3D-модели зданий, проводить их анализ на разных стадиях проектирования и строительства [3]. Цифровизация помогает учитывать множество факторов, включая энергоэффективность, структурную надежность и, что особенно важно, качество внутреннего воздуха.

Интеграция цифровых инструментов в процесс проектирования позволяет более точно прогнозировать поведение различных систем здания в реальных условиях, а также оптимизировать

проекты для достижения наилучшего возможного микроклимата в помещениях. В частности, программа BIM может быть использована для моделирования и анализа систем вентиляции и кондиционирования, что дает возможность создавать здания, оптимально адаптированные для поддержания здорового и комфортного воздушного пространства [4, 5].

Актуальность цифровизации также обусловлена ее способностью к сокращению времени и затрат на проектирование и строительство, улучшению коммуникаций между участниками проекта, повышению общей эффективности строительного процесса.

В современном архитектурном и строительном проектировании цифровые технологии играют ключевую роль, начиная от идеи и заканчивая реализацией проекта. Среди наиболее значимых технологий стоит выделить:

1) информационное моделирование зданий (BIM) – позволяет создавать многопараметрические цифровые модели зданий, которые включают в себя подробные данные о всех элементах конструкции, материалах, системах инженерии и управления [6];

2) CAD (Computer-Aided Design) – компьютерное проектирование используется для создания точных чертежей и технических рисунков, что является основой для всех последующих этапов строительства;

3) 3D-сканирование и моделирование – используются для создания точных трехмерных

моделей существующих объектов или территорий, что особенно полезно при реконструкции или реставрации зданий;

4) VR (Virtual Reality) и AR (Augmented Reality) – виртуальная и дополненная реальности позволяют инженерам визуализировать проекты в трехмерном пространстве, что значительно улучшает понимание проекта и помогает в принятии решений;

5) интеллектуальные системы управления проектами – программы для управления проектами, которые позволяют контролировать сроки, бюджет, ресурсы и логистику на всех этапах строительства.

Эти технологии создают основу для более эффективной и экономически выгодной реализации строительных проектов, способствуют сокращению ошибок, улучшают координацию между участниками проекта и в конечном итоге приводят к повышению качества конечного продукта.

Информационное моделирование зданий (BIM) является одной из наиболее революционных технологий в строительной индустрии. BIM предоставляет архитекторам, инженерам и строителям инструменты для более эффективного планирования, проектирования, строительства и управления зданиями и инфраструктурой. Основными преимуществами BIM являются следующие [7, 8]:

- улучшенная визуализация. Позволяют создавать детализированные трехмерные модели зданий, что улучшает визуализацию проекта на начальных этапах разработки и помогает обнаруживать потенциальные проблемы до начала строительства;

- координация и совместная работа. Упрощают совместную работу различных специалистов, так как все данные проекта хранятся в единой информационной системе, доступной для всех участников проекта;

- оптимизация ресурсов. С их помощью можно более точно рассчитывать необходимые материалы и ресурсы, что помогает избежать излишних расходов и минимизировать отходы на стройке;

- интеграция с анализом качества воздуха. В контексте планирования качества внутреннего воздуха позволяют интегрировать и анализировать данные о вентиляционных системах, материалах и конструктивных решениях, что напрямую влияет на создание здоровой внутренней среды.

Использование BIM в проектировании малоэтажных зданий открывает новые возможности для создания помещений, которые не только экономичны и эффективны в плане ресурсов, но и предлагают высокий уровень комфорта и здоровья для их жильцов.

Качество внутреннего воздуха в малоэтажных зданиях напрямую влияет на здоровье и комфорт жителей. При их проектировании учитываются различные параметры, например:

1) концентрация загрязняющих веществ – включает уровни углекислого газа (CO_2), летучих органических соединений (VOC), формальдегидов и других вредных газов, которые могут исходить из строительных материалов, мебели, бытовой химии и других источников;

2) частицы в воздухе – пыль, пыльца, споры плесени и другие аэрозоли, которые могут вызывать аллергии и респираторные заболевания;

3) влажность – слишком высокая или низкая может способствовать развитию плесени, ухудшению качества воздуха и дискомфорту жильцов;

4) температура – оптимальная способствует комфорту, а ее колебания могут влиять на восприятие качества воздуха и энергоэффективность здания;

5) уровень шума – хотя технически не влияет на химический состав воздуха, шум может воздействовать на восприятие комфорта внутренней среды.

Для поддержания и контроля качества внутреннего воздуха в малоэтажных зданиях используются различные технологии, системы мониторинга и управления [9]:

1) системы вентиляции и кондиционирования. Современные HVAC-системы (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) оснащены датчиками для контроля качества воздуха и могут автоматически регулировать влажность, температуру и уровни CO_2 . Эти системы могут быть интегрированы с BIM для оптимизации их работы в зависимости от текущих потребностей здания;

2) датчики качества воздуха – используются для непрерывного мониторинга параметров воздуха, включая уровни VOC, CO_2 , пыли и других загрязнителей. Данные с датчиков могут применяться для автоматической корректировки работы систем вентиляции и кондиционирования;

3) интеллектуальные системы управления зданием (BMS) – интегрируют все устройства и системы здания, включая освещение, отопление, вентиляцию и безопасность, для создания оптимальной и эффективной рабочей среды. BMS могут анализировать данные со всех датчиков и систем, оптимизируя энергопотребление и улучшая качество воздуха;

4) программное обеспечение для моделирования и анализа. Специализированные программы позволяют архитекторам и инженерам моделировать воздействие различных систем и материалов на качество внутреннего воздуха уже на стадии проектирования, предсказывая потенциальные проблемы и позволяя вносить коррективы до начала строительства.

Цифровое моделирование микроклимата зданий является важным аспектом проектирования, позволяющим оптимизировать внутреннюю среду для обеспечения комфорта и здоровья жильцов. Современные программные решения, такие как специализированное моделирование CFD (Computational Fluid Dynamics), EnergyPlus, и Autodesk Revit с расширениями

для анализа, позволяют детально анализировать и прогнозировать распределение температур, влажности, потоков воздуха и концентрации загрязнителей внутри зданий [10, 11].

1. CFD моделирование – используется для симуляции потоков воздуха внутри и вокруг зданий. Это позволяет инженерам видеть, как воздух перемещается через помещения, как он распределяет тепло и загрязнители и как эти условия влияют на комфорт жильцов [12].

2. EnergyPlus и подобные инструменты – позволяют моделировать энергетическое потребление и производительность HVAC-систем, что напрямую влияет на качество внутреннего воздуха. Эти программы могут воспроизводить различные сценарии и помогают в выборе наиболее эффективных решений для отопления, вентиляции и кондиционирования [13].

3. BIM-интегрированные анализы. Программы типа Autodesk Revit могут использоваться с расширениями, такими как Insight, которые интегрируют энергетическое моделирование и анализ качества воздуха непосредственно в процесс проектирования. Это обеспечивает реальное время обратной связи по энергетической эффективности и воздействию на качество воздуха при внесении изменений в проект.

Интеграция данных о качестве воздуха в процесс проектирования является критически важной для создания зданий, которые не только безопасны и комфортны, но и энергоэффективны. BIM (Building Information Modeling) предоставляет идеальную платформу для этой интеграции, так как позволяет собирать, анализировать и управлять всей информацией о здании в едином цифровом формате и интегрировать различные данные о микроклимате непосредственно в проект [14–16]:

1) ранняя интеграция с моделированием. Данные о качестве воздуха можно интегрировать на самых ранних этапах проектирования, что позволяет архитекторам и инженерам учитывать эти параметры при выборе материалов, планировке пространства и проектировании систем вентиляции;

2) проектирование на основе данных в реальном времени. Использование BIM позволяет проектировщикам непосредственно видеть, как изменения в дизайне влияют на качество воздуха. Например, смена расположения вентиляционных каналов или выбор других материалов для отделки может быть оценен на предмет их воздействия на качество воздуха с использованием реальных данных, что минимизирует риски и помогает достичь соответствия экологическим стандартам;

3) управление проектом, обратная связь и оптимизация. BIM обеспечивает постоянную обратную связь во время процесса проектирования, предоставляя возможность проектным командам оптимизировать здание в соответствии с требованиями к качеству воздуха. Это подключение к аналитическим инструментам позволяет проводить

комплексные анализы, делать информированные решения на основе предсказательных моделей и текущих данных о производительности здания.

Таким образом, интеграция цифровых технологий в проектирование малоэтажных зданий способствует не только повышению эффективности процесса строительства, но и обеспечивает создание более здоровых и комфортных жилых пространств.

Постановка задачи

Рассмотрим кейс-стадии проектирования малоэтажных зданий с использованием цифровых технологий.

Проект включает следующие этапы:

1) инициация проекта – определение основных требований к зданию, включая устойчивость, энергоэффективность и качество внутреннего воздуха;

2) создание BIM-модели – разработка детальной 3D-модели, которая включала бы все аспекты будущего здания: от структурных элементов до систем вентиляции и кондиционирования воздуха;

3) анализ модели – использование специализированных инструментов для анализа энергоэффективности и моделирования микроклимата внутри здания. В этом этапе учитываются все факторы, влияющие на качество воздуха, включая распределение его потоков, уровни CO₂ и наличие потенциальных загрязнителей;

4) оптимизация проекта. На основе полученных данных проект скорректируется для обеспечения оптимального качества воздуха и комфорта. Вносятся изменения в систему вентиляции и выбор материалов;

5) визуализация и утверждение проекта. Заказчики и будущие жильцы имеют возможность ознакомиться с проектом через VR-тур, что позволяет им лучше понять планировку и дизайн здания до начала строительства;

6) строительство и мониторинг. В процессе строительства используются данные из BIM для контроля за соответствием работ проекту, а также для мониторинга качества выполнения и соблюдения технологических процессов.

Один из успешных проектов включает внедрение системы «умный дом», которая интегрируется с системой BIM, позволяет жильцам контролировать и управлять качеством внутреннего воздуха в режиме реального времени. Система включает в себя:

- датчики качества воздуха – устанавливаются в каждом помещении для мониторинга уровней CO₂, влажности и присутствия загрязняющих веществ;

- автоматическое регулирование. Система автоматически регулирует работу вентиляции и кондиционирования на основе данных с датчиков, обеспечивая оптимальный микроклимат в каждом помещении;

- пользовательский интерфейс. Жильцы могут через приложение на смартфоне или панель

управления домом настраивать параметры воздуха в соответствии с личными предпочтениями.

Эти практические примеры демонстрируют, как цифровизация процесса проектирования и внедрение современных технологий могут привести к значительному улучшению качества жизни жильцов, повышению эффективности использования ресурсов и созданию более здоровой жилой среды.

Интеграция технологий мониторинга и управления качеством воздуха внутри зданий с теплонасосной системой теплообеспечения создает комплексное решение, которое повышает энергоэффективность и создает более высокий уровень комфорта и безопасности для пользователей. Рассмотрим, как можно осуществить такую интеграцию. Теплонасосные системы могут эффективно интегрироваться с системами вентиляции и кондиционирования для обеспечения оптимального температурного режима и качества воз-

духа в здании. Тепловые насосы могут использовать избыточное тепло или холод для регулирования температуры воздуха перед его подачей в помещения [17–19]. Это позволяет не только поддерживать комфортные условия, но и снижать потребление энергии за счет использования возобновляемых источников тепла, таких как геотермальная энергия или тепло окружающей среды.

Интеграция теплонасосных систем с технологиями мониторинга и управления качеством воздуха предоставляет значительные преимущества в плане энергоэффективности, экономии ресурсов и создания здоровой внутренней среды. Такой подход требует тщательного планирования и координации, но в конечном итоге способствует созданию умных, устойчивых и комфортных зданий.

Методы исследования

Графически схема методики решения поставленной задачи представлена на рисунке 1.

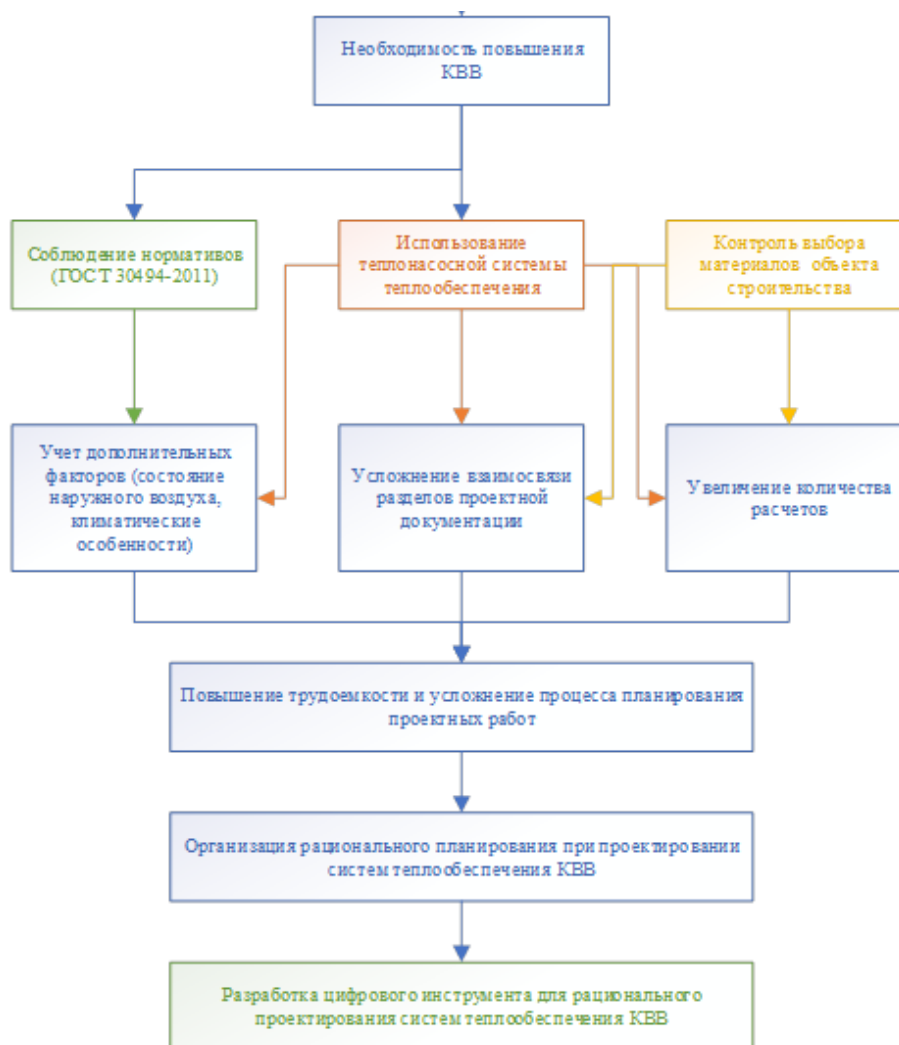


Рис. 1. Разработка решений для повышения качества внутреннего воздуха

Обсуждение результатов

Для поставленных целей был разработан программный алгоритм, позволяющий на данном этапе производить расчет рационального

пути, задаваемого пользователем сетевого графика. Алгоритм расчета основан на использовании алгоритма Дейкстры [20, 21]. Алгоритм работы программы на текущем этапе разработки представлен на рисунке 2.

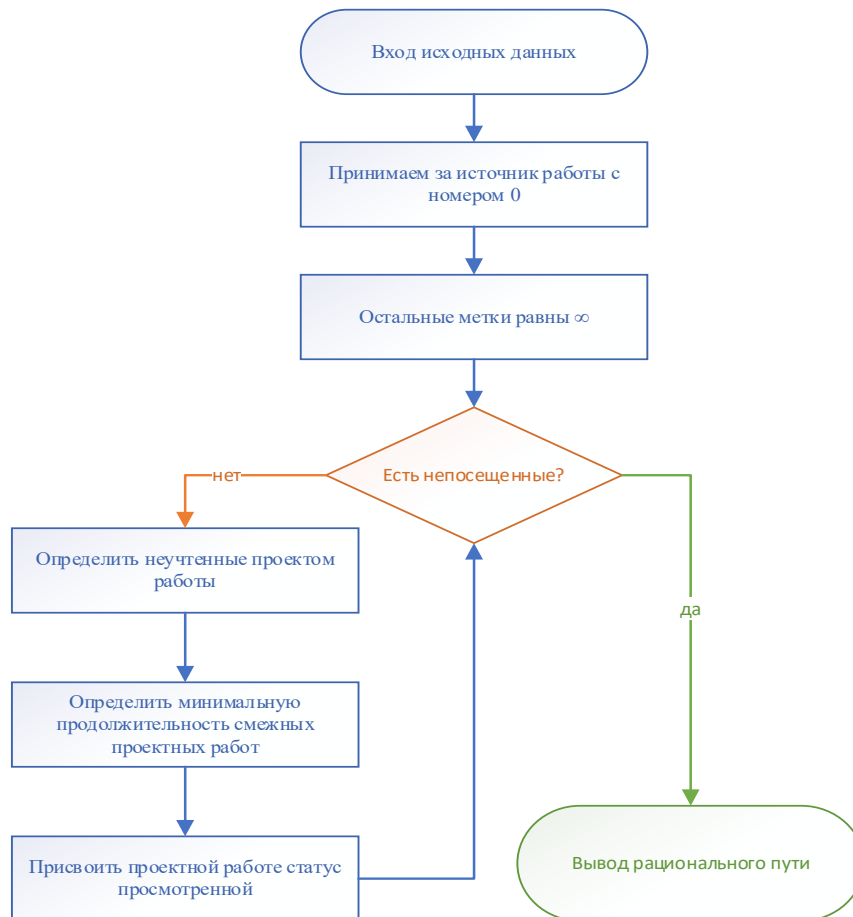


Рис. 2. Алгоритм работы программы по определению рационального следования сетевого планирования

Представленные наработки цифровизации планирования позволяют быстро и точно рассчитывать продолжительность проектных работ.

Рационализация схемы планирования процесса проектирования малоэтажных зданий с учетом качества внутреннего воздуха остается конкурентоспособной. Улучшение внутреннего климата помещения, в частности качество внутреннего воздуха, будет положительно влиять на самочувствие людей, находящихся в нем, их производительность труда. Следовательно, незначительное повышение стоимости разработки проектных работ можно считать оправданным.

Развитие технологий, особенно в области интернета вещей (IoT) и интеллектуальных систем управления, открывает новые возможности для оптимизации внутреннего микроклимата.

Интеграция этих технологий в малоэтажные дома не только способствует созданию здоровой жилой среды, но и представляет собой шаг вперед в реализации концепций устойчивого и энергоэффективного жилья. Такой ход требует комплексного подхода в планировании и проектировании, но результаты окупают вложенные усилия за счет:

1) улучшения качества проектирования. Цифровые инструменты, такие как BIM, позволяют со-

здавать более точные и детализированные модели зданий, интегрируя важные аспекты, например качество воздуха, с самого начала проектирования. Это обеспечивает высокий уровень прогнозируемости и контроля над конечным результатом строительства;

2) эффективности и снижения затрат. Цифровизация упрощает процесс проектирования и строительства, позволяя обнаруживать и устранять потенциальные проблемы на ранних стадиях, что сокращает время строительства и связанные с ним расходы;

3) устойчивости и экологичности. Использование передовых технологий способствует созданию зданий с более высокими показателями энергоэффективности и уменьшением воздействия на окружающую среду, благодаря оптимизации ресурсов и минимизации отходов;

4) повышения комфорта и здоровья жителей. Цифровые системы управления, включая мониторинг качества воздуха и автоматизированное регулирование микроклимата, обеспечивают идеальные условия для жизни и здоровья жителей.

Вывод

Цифровизация процесса проектирования малоэтажных зданий с учетом качества внутреннего

воздуха оказывает значительное влияние на архитектурную индустрию, предоставляя новые возможности для повышения эффективности, экологичности и комфорта жилых пространств.

Список литературы

1. Осипов А. С. Цифровизация строительной отрасли / А. С. Осипов // Нормирование и оплата труда в строительстве. – 2020. – № 3. – С. 57–61.
2. Закоулов В. А. Отечественный и зарубежный опыт строительства зданий в малоэтажном строительстве / В. А. Закоулов, А. Н. Тютрин // Студенческий вестник. – 2021. – № 20-10 (165). – С. 79–82.
3. Третьяков К. А. Цифровая трансформация как фактор устойчивого функционирования предприятий / К. А. Третьяков, А. А. Тимошин, Э. Р. Зинатуллина // Региональная экономика: теория и практика. – 2024. – Т. 22, № 9 (528). – С. 1659–1685.
4. Логинова С. А. Оценка перспектив применения теплонасосных систем теплоснабжения жилых зданий / С. А. Логинова, А. А. Тимошин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 4 (42). – С. 22–26.
5. Крупнов Е. И. Эффективное управление жизненным циклом строительных объектов на основе инфографического моделирования / Е. И. Крупнов, И. С. Зайцев, И. А. Зайцева, С. А. Логинова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 2 (44). – С. 91–96.
6. Alamedy Sh. G. H. Execution Quality of Construction Projects with Building Information Modeling BIM-technology / Sh. G. H. Alamedy // Engineering Journal of Don. – 2023. – № 4 (100). – С. 661–683.
7. Порядин В. С. Технологии информационного моделирования в капитальном строительстве: преимущества и применение 3D-моделей и системы BIM / В. С. Порядин // Вестник науки. – 2023. – Т. 3, № 8 (65). – С. 137–139.
8. Гулик В. Ю. Перспективы внедрения BIM-технологий / В. Ю. Гулик // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 2. – С. 58–63.
9. Салех Э. М. Изучение особенностей влияния внедрения цифровых технологий в процесс организации строительного производства / Э. М. Салех, И. И. Сучкова // Управленческий учет. – 2022. – № 4-3. – С. 621–627.
10. Шемякина Т. Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития / Т. Ю. Шемякина // Вестник университета. – 2020. – № 7. – С. 89–95.
11. Льянов Д. Р. Использование BIM-технологий для создания энергоэффективного будущего / Д. Р. Льянов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2 (53). – С. 32–37.
12. Вирцев М. Ю. BIM-технологии - принципиально новый подход в проектировании зданий и сооружений / М. Ю. Вирцев, А. Ю. Власова // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 23. – С. 3827–3836.
13. Войтова Ж. Н. Инструменты построения модели строительного объекта в BIM-технологиях / Ж. Н. Войтова, Т. П. Малютина // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – № 3 (137). – С. 33–37.
14. Королев А. В. BIM-технологии, bim-технологии, без которых строительству не жить! / А. В. Королев // Строительство: новые технологии - новое оборудование. – 2016. – № 1. – С. 20–22.
15. Смолева Н. В. Применение BIM-технологий в подготовке специалистов строительного профиля / Н. В. Смолева // Педагогическая наука и практика. – 2018. – № 4 (22). – С. 59–63.
16. Талапов В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. – Саратов : Профобразование, 2017. – 392 с.
17. Фоломеев А. Г. Экономическая эффективность использования альтернативных источников энергии для теплоснабжения загородного дома / А. Г. Фоломеев // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2020. – Т. 224, № 4. – С. 421–434.
18. Руденко Н. Н. Особенности прогнозирования эффективности работы теплового насоса / Н. Н. Руденко // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4-1 (22). – С. 158–164.
19. Круссер А. И. Пути повышения энергетической эффективности зданий и сооружений / А. И. Круссер, В. И. Милованова, М. В. Новиков // Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1 (22). – С. 220–223.
20. Akimov A. A. Analysis of the risk of bankruptcy llc "Group of companies" Rusagro " based on software package / A. A. Akimov, E. M. Safin, Yu. S. Ermilova // International Agricultural Journal. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 8–13.
21. Тлявгулова Д. Б. Алгоритм Дейкстры / Д. Б. Тлявгулова, А. Р. Галиаскаров // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-3 (80). – С. 118–123.

© **М. Ю. Ометова, И. А. Зайцева, С. А. Логинова, С. В. Левицкий, А. Н. Басов**

Ссылка для цитирования:

Ометова М. Ю., Зайцева И. А., Логинова С. А., Левицкий С. В., Басов А. Н. Цифровизация планирования процесса проектирования малоэтажных зданий с учетом качества внутреннего воздуха // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (50). С. 10–16.