



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-32-2-35-43>

УДК 004.942

## ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

И. В. ТИМОШКЕВИЧ

*Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси  
(Минск, Республика Беларусь)*

**Аннотация.** Рассмотрена задача разработки алгоритма создания компьютерной имитационной модели (цифрового двойника) для комплексной оценки энергетической и экономической эффективности конструктивных решений и инженерных систем жилых зданий. Представлен управляемый и воспроизводимый инструмент, позволяющий на стадии проектирования проводить виртуальные эксперименты, сравнивать альтернативы и обосновывать оптимальные варианты решений. Предлагаемый алгоритм систематизирует сбор и объединение различных данных – от архитектурных чертежей и теплотехнических характеристик до параметров инженерных систем и экономических показателей – в единую модель. Получен инструмент, минимизирующий риски и снижающий эксплуатационные расходы. Алгоритм позволит жилищно-коммунальным хозяйствам и другим управляющим организациям проводить онлайн-мониторинг, удаленно управлять и контролировать состояние зданий.

**Ключевые слова:** компьютерная имитационная модель, цифровой двойник, энергетическая эффективность, алгоритм проектирования, оптимизация проектных решений, жилые здания, теплотехнический расчет.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Тимошкевич, И. В. Обоснование разработки алгоритма создания компьютерной имитационной модели для оценки энергетической и экономической эффективности инженерных систем жилых зданий / И. В. Тимошкевич // Цифровая трансформация. 2026. Т. 32, № 2. С. 35–43. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-32-2-35-43>.

## JUSTIFICATION FOR THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CREATING A COMPUTER SIMULATION MODEL FOR ASSESSING THE ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ENGINEERING SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

IVAN TSIMASHKEVICH

*Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus  
(Minsk, Republic of Belarus)*

**Abstract.** This article examines the development of an algorithm for creating a computer simulation model (digital twin) for a comprehensive assessment of the energy and economic efficiency of design solutions and utility systems in residential buildings. A manageable and reproducible tool is presented that enables virtual experiments, comparison of alternatives, and justification of optimal solutions during the design stage. The proposed algorithm systematizes the collection and integration of various data – from architectural drawings and thermal performance data to utility system parameters and economic indicators – into a single model. The resulting tool minimizes risks and reduces operating costs. The algorithm will enable housing and utility companies and other management organizations to conduct online monitoring, remotely manage, and control the condition of buildings.

**Keywords:** computer simulation model, digital twin, energy efficiency, design algorithm, optimization of design solutions, residential buildings, thermal engineering calculation.

**Conflict of interests.** The author declares that there is no conflict of interests.

**For citation.** Tsimashkevich I. (2026) Justification for the Development of an Algorithm for Creating a Computer Simulation Model for Assessing the Energy and Economic Efficiency of Engineering Systems of Residential Buildings. *Digital Transformation*. 32 (2), 35–43. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-32-2-35-43> (in Russian).

## Введение

В современном строительстве приоритет отдается устойчивому развитию и экономии ресурсов (электроэнергии, водоснабжения), достижению максимальной энергетической и экономической эффективности жилых зданий. Растущие тарифы на энергоресурсы в сочетании с ужесточением экологических норм диктуют необходимость оптимизации энергопотребления и минимизации эксплуатационных издержек на всех этапах жизненного цикла строительного объекта. Поэтому ключевую роль приобретает внедрение комплексных компьютерных имитационных моделей, глубоко интегрированных с передовыми технологиями информационного моделирования зданий (Building Information Model, BIM) [1]. Такие модели позволяют проводить точный анализ как несущих, так и ограждающих конструкций, собрать данные о строительном объекте в онлайн-режиме и рассчитать энергетическую эффективность здания с помощью полученной от умных устройств (IoT-датчиков тепла и счетчиков воды) информации [1].

Несмотря на то что строительные компании осознают важность цифровизации, отрасль сталкивается с рядом фундаментальных проблем, затрудняющих эффективное внедрение имитационного моделирования. Во-первых, многие важные данные о проектах часто рассредоточены по разным источникам и форматам, а часть информации до сих пор существует только в бумажном виде. Это создает информационный вакуум и препятствует оперативному доступу к единой версии документа для проектировщиков, инженеров и управляющих компаний. Во-вторых, современные строительные задачи чрезвычайно сложны и требуют учета множества взаимосвязанных критериев (теплотехнических характеристик, прочности материалов, стоимости, энергоэффективности, надежности инженерных систем и т. д.), что крайне затруднительно при традиционных подходах. В-третьих, нехватка времени и отсутствие структурированных данных (неполные данные) вынуждают принимать решения в условиях неопределенности, что приводит к ошибкам в проектах, перерасходу бюджета и увеличению эксплуатационных расходов.

Научная новизна предлагаемой разработки заключается в алгоритмическом подходе, направленном на создание комплексной компьютерной имитационной модели для всесторонней оценки энергетической и экономической эффективности жилых зданий. Отличительная особенность данного решения – системная интеграция разнородных данных (геометрической информации из BIM-моделей, теплотехнических характеристик материалов, параметров инженерных систем и экономических показателей) в единую логическую структуру цифрового двойника [2, 3]. В статье приведена последовательность взаимосвязанных этапов, обеспечивающих воспроизводимый переход от сбора и валидации (проверка на истинность) исходных данных к многокритериальному анализу и оптимизации проектных решений, что способствует формализации процесса принятия решений в условиях многофакторности и неопределенности.

## Обоснование необходимости разработки алгоритма

Для устранения выявленных противоречий предлагается методика комплексной оценки энергетической эффективности, основанная на программно-аппаратном комплексе компьютерного моделирования здания. Рассмотрен программный продукт, в котором можно будет создавать детализированные цифровые двойники зданий, включающие трехмерную модель здания, калькулятор энергоэффективности для расчета теплотерь и полную базу данных технических характеристик объекта. Такая программа позволит не только анализировать текущие данные, но и проводить виртуальные испытания, рассчитывать энергоэффективность от внедрения новых параметров конструктивных элементов (стен, окон, дверей), предсказывать потребление энергии и оценивать экономическую целесообразность от проведения тепловой модернизации и капитальных ремонтов. Учитывая сложность, многомерность и взаимозависимость решаемых проблем, крайне важно внедрить строгую систематизацию и четкую регламентацию всего процесса. Разработка детального рабочего алгоритма обусловлена следующими важными факторами [4–6]:

– громоздкие и многогранные задачи превращаются в понятную последовательность этапов, начиная с исходных данных (сбор данных) и заканчивая проверкой (верификацией), расчетом и анализом результатов;

– гарантируется четкий порядок действий: специалисты, инженеры, проектные группы следуют единой методологии, что обеспечивает сравнимость и достоверность результатов для разных объектов (типовых серий жилых зданий);

– исключается вероятность пропуска критически важных шагов (например, проверки модели на реальных данных), что напрямую влияет на точность конечных расчетов, т. е. алгоритм – надежный инструмент контроля;

– определение сроков, выделение ответственных лиц, что позволяет получать ожидаемые результаты для каждого этапа, эффективно распределять время и трудозатраты на проект, обеспечивая его выполнение в установленные сроки.

### **Алгоритм работы программного комплекса**

При создании программно-аппаратного комплекса (ПАК) «Имитационная модель многоквартирного здания с калькулятором энергоэффективности» сформирован алгоритм его работы для использования строительными и управляющими компаниями. Блок-схема алгоритма работы ПАК, приведенная на рис. 1, включает следующие ключевые аспекты:

– обработку трехмерных моделей – обеспечение взаимодействия с 3D-представлением объектов недвижимости с возможностью визуализации и пространственного анализа;

– оценку энергоэффективности – автоматизированный расчет показателей энергопотребления и теплопотерь на основе математических моделей и нормативных данных;

– управление строительными характеристиками – система ввода, верификации и хранения параметров зданий в структурированном формате;

– интеграцию с IoT-устройствами – поддержка подключения распределенных датчиков мониторинга для сбора телеметрии в реальном времени;

– генерацию аналитических графиков – построение динамических визуализаций на основе обработанных данных с применением методов статистического анализа умных устройств.

Входные данные системы включают:

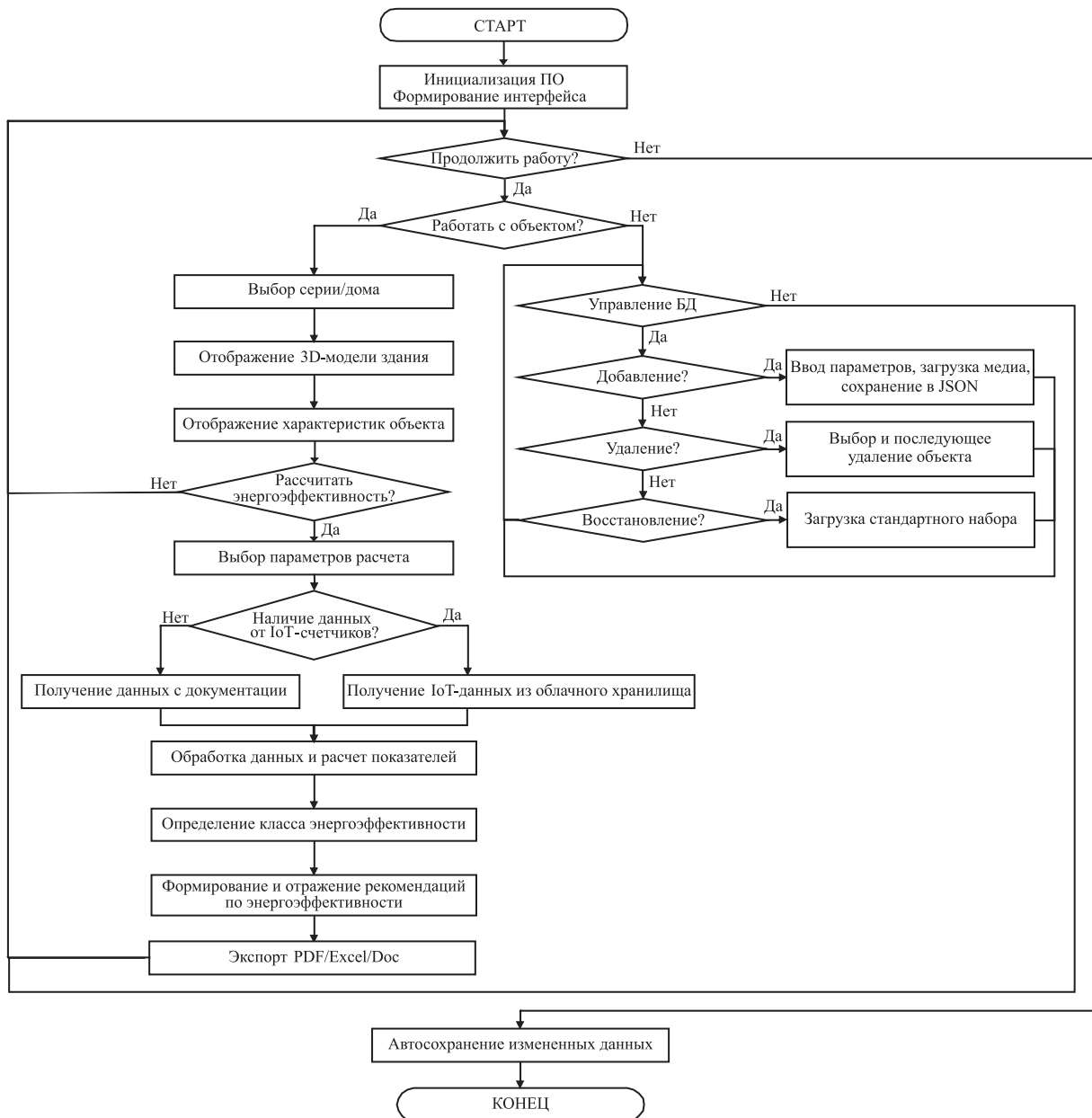
– выбор существующего объекта недвижимости из базы данных (БД) или регистрацию нового;

– ввод технико-эксплуатационных параметров здания через стандартизированные формы;

– автоматизированную загрузку дополнительных данных из внешних источников, включая BIM-системы и IoT-устройства.

Программный комплекс построен на событийно-ориентированной архитектуре, которая обрабатывает действия пользователя в графическом интерфейсе. При запуске все части интерфейса инициализируются – это панели визуализации, элементы управления и модуль для расчета энергоэффективности. В это же время из JSON-конфигурационного файла загружаются данные пользователя и системы, чтобы сохранить введенную ранее информацию и обновить базу моделей зданий вместе с их характеристиками. ПАК устроен так, чтобы можно было централизованно управлять БД жилых объектов. Пользователь может добавлять, менять или удалять как стандартные серии зданий, так и отдельные многоквартирные дома. Когда создается новый объект, то вводятся основные данные (адрес, количество этажей, конструкция и инженерные особенности), привязываются картинки и техдокументация. При удалении объекта его записи удаляются из базы, но при этом есть возможность вернуть набор стандартных серий. Такой подход делает программу гибкой и удобной для работы в жилищно-коммунальных организациях, таких как ЖРЭУ и управляющие компании, где нужно учитывать и типовые, и отдельные объекты.

Главное в работе системы – выбор пользователем либо стандартной серии здания, либо конкретного объекта из БД. После этого загружается визуальное изображение объекта в виде GIF-анимации или интерактивной 3D-модели. Если пользователь переключается в режим трехмерной визуализации, запускается специальный модуль рендеринга, который помогает рассмотреть пространственную структуру здания и его конструктивные особенности. Далее пользователь может просмотреть характеристики выбранного объекта. Здесь показываются структурированные данные – информация о конструктивных элементах, об инженерных системах, эксплуатационных параметрах, а также вложенные технические и проектные документы. Отдельная часть системы работает с данными, поступающими от IoT-устройств, встроенных в инфраструктуру здания.



**Рис. 1.** Блок-схема алгоритма работы программно-аппаратного комплекса  
**Fig. 1.** Block diagram of the operating algorithm of the hardware and software complex

Основой ПАК является модуль расчета энергоэффективности (калькулятор энергоэффективности), алгоритм работы которого предусматривает два альтернативных сценария формирования исходных данных. В случае отсутствия в здании IoT-счетчиков исходные параметры определяются на основе документации, предоставляемой организациями теплоснабжения и водоснабжения, эксплуатирующими жилой фонд. Указанные данные могут включать как нормативные, так и фактические показатели потребления энергоресурсов, и используются в качестве базы для проведения расчетов.

При наличии IoT-счетчиков реализуется автоматизированный механизм получения данных из облачного хранилища, что позволяет использовать актуальные значения параметров энергопотребления, температуры, влажности и других эксплуатационных показателей. Применение такого подхода обеспечивает повышение точности и достоверности результатов расчетов за счет использования фактических данных в режиме, близком к реальному времени.

После формирования исходного набора данных осуществляется их предварительная обработка, включающая приведение различных единиц измерения к унифицированному виду. Далее

выполняется вычисление ключевых показателей, характеризующих энергетическую эффективность здания, в том числе удельного и общего энергопотребления, показателей энергопотребления в расчете на одну квартиру и стоимость эксплуатации. На основании полученных значений производится классификация объекта по уровню энергоэффективности в соответствии с установленными критериями. Результаты расчетов сохраняются во внутренней структуре данных ПАК и отображаются пользователю в структурированном виде. Дополнительно обеспечивается возможность формирования аналитических выводов и рекомендаций, направленных на повышение энергоэффективности здания, включая мероприятия по модернизации инженерных систем и снижению теплопотерь. В программе реализован механизм экспорта результатов в форматы отчетной документации, такие как PDF и табличные форматы, что обеспечивает интеграцию ПАК в существующие процессы документооборота.

Разработанный программный комплекс ориентирован на практическое внедрение в деятельность эксплуатирующих организаций жилищно-коммунального хозяйства, включая ЖРЭУ и управляющие компании. Его применение позволит автоматизировать процессы сбора, анализа и интерпретации данных о состоянии жилого фонда, а также повысить обоснованность принимаемых управленческих решений в области энергосбережения.

Таким образом, алгоритм работы ПАК представляет собой интегрированную систему, объединяющую средства визуализации объектов, управления БД зданий и интеллектуального анализа энергоэффективности с использованием как традиционных источников информации, так и современных IoT-технологий, что обеспечивает комплексный подход к оценке и оптимизации эксплуатационных характеристик жилых зданий. В ходе разработки программы была создана имитационная параметрическая 3D-модель типового жилого здания, интегрирующая архитектурные, конструктивные и инженерные решения. На рис. 2 и 3 показаны интерфейсы программного продукта и калькулятора энергоэффективности многоквартирного здания соответственно, на рис. 4 – меню характеристики серии здания с описанием параметров объекта. Модель алгоритма позволяет проводить визуальный анализ объектов и оценивать различные варианты их модернизации.

Разработанный программный продукт привел к созданию внутри него передового решения для управления энергоэффективностью зданий, состоящего из следующих ключевых компонентов:

- интеллектуальный алгоритм расчета энергоэффективности «Калькулятор энергоэффективности здания». Калькулятор позволяет точно определить класс энергоэффективности здания согласно действующим стандартам, рассчитать тепловые потери через все ограждающие конструкции и проанализировать, как распределяется потребление энергии по разным видам ресурсов. Необходимые условия для расчета (эксплуатационные характеристики здания (техпаспорт), данные из расчетно-справочного центра о затратах на подогрев горячей воды и о затратах тепловой энергии на обогрев здания за календарный год) следует брать у эксплуатирующих компаний;
- база данных обеспечивает удобное хранение и доступ к информации о строительных конструкциях, параметрах инженерных систем, а после внедрения в программный продукт умных датчиков позволит отслеживать динамику энергопотребления тепловой энергии здания и расхода холодной и горячей воды;
- удобный, интуитивно понятный программный интерфейс, благодаря которому пользователи получают доступ к инструментам для визуализации имитационных 3D-моделей зданий, технической документации, проведения комплексных расчетов энергоэффективности и глубокой аналитической обработки данных.

Результаты разработки ПАК предоставляют практический инструментарий, который способствует оптимизации проектных решений на всех этапах жизненного цикла здания с обеспечением непрерывного мониторинга энергопотребления и анализа графиков потребления для формирования эффективной стратегии энергосбережения. Перспективы развития программного продукта в будущих исследованиях будут направлены на создание модуля прогнозирования эксплуатационных характеристик, интеграцию с современными IoT-системами (умными устройствами) для онлайн-мониторинга состояния энергетической эффективности здания.

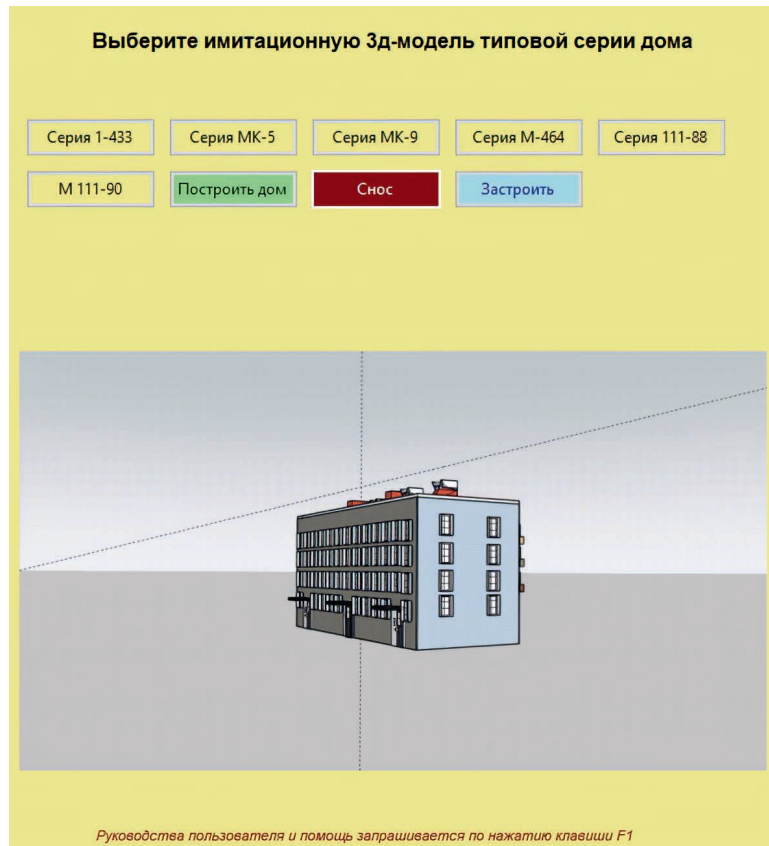


Рис. 2. Интерфейс программного продукта  
Fig. 2. Software product interface

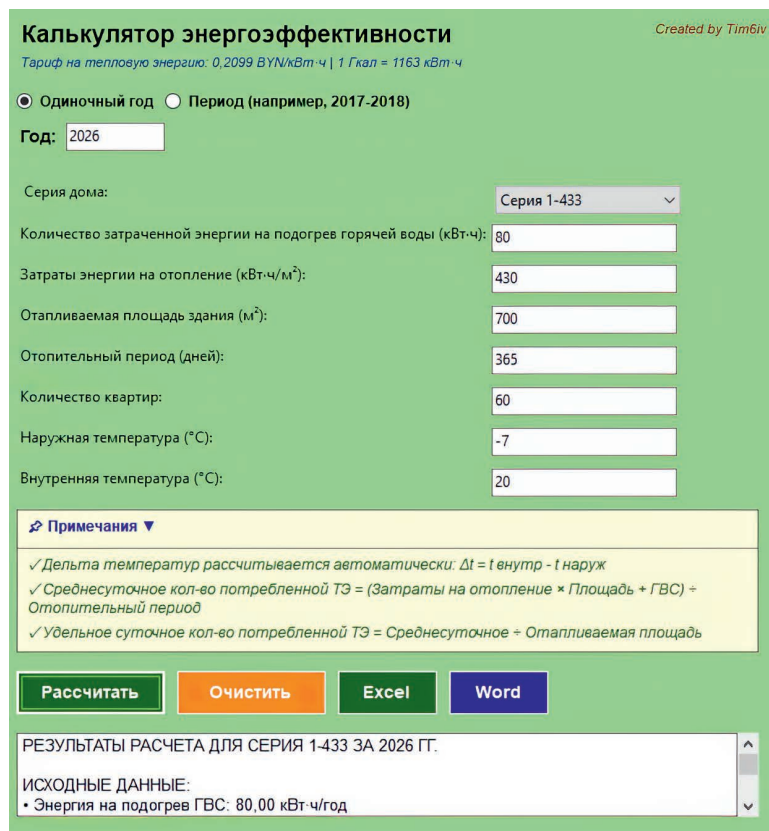
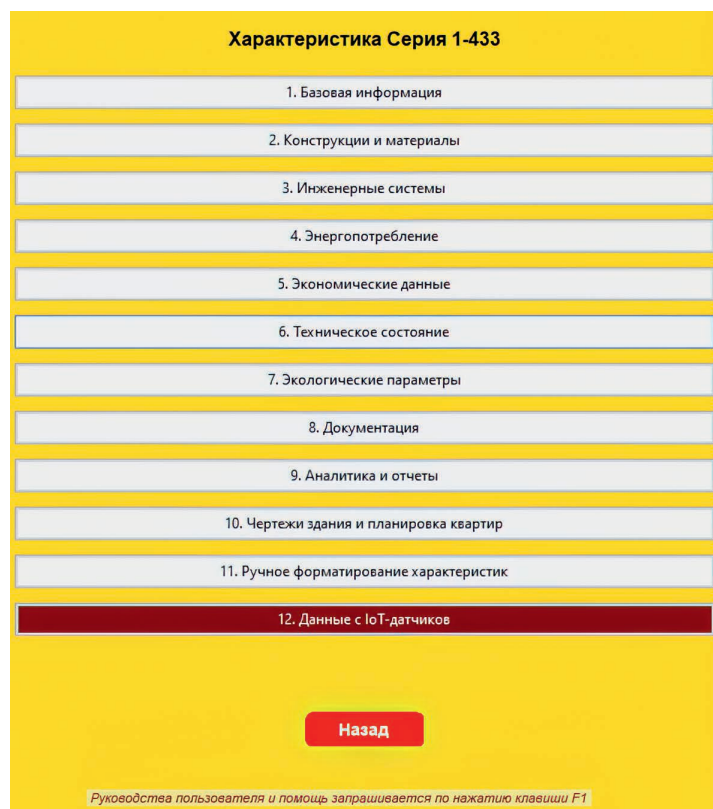


Рис. 3. Интерфейс калькулятора энергоэффективности многоквартирного здания  
Fig. 3. Interface of the energy efficiency calculator for a multi-apartment building



**Рис. 4.** Меню характеристики серии здания с описанием параметров серии  
**Fig. 4.** Building series characteristics menu with description of series parameters

### Результаты исследований и их обсуждение

Полученные результаты подтверждают эффективность применения компьютерного моделирования для решения задач энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве и могут быть использованы при разработке цифровых двойников зданий. В условиях цифровой трансформации строительной отрасли создание программного комплекса для оценки энергоэффективности зданий – стратегически важное направление. Разработанный ПАК представляет собой не просто инструмент для расчетов, а целостную цифровую платформу, объединяющую технологии BIM, IoT [1] и большие данные (Big Data) [7]. Его внедрение позволит перевести процессы проектирования, эксплуатации и модернизации жилого фонда на качественно новый уровень, обеспечивая цифровизацию всего жизненного цикла зданий. Это переход от точечных решений к системному управлению энергопотреблением и формированию интеллектуальной среды для принятия удаленных управленческих решений.

Особую ценность предлагаемый программный комплекс представляет как основа для создания «умных» систем управления городской инфраструктурой [8, 9]. Интеграция расчетных модулей с данными реального мониторинга открывает возможности для:

- реализации аналитики для прогнозирования аварийных ситуаций. При установке умных датчиков (счетчиков) контроля водоснабжения есть возможность отслеживать протечки в онлайн-режиме, фиксировать уровень потерь воды;
- оптимизации капитальных затрат посредством анализа жизненного цикла строительных конструкций и затрат тепловой энергии на отопление, вентиляцию и подогрев горячей воды;
- автоматизации процедур энергоаудита и формирования отчетности внутри продукта, перевода информации в формат .doc или .excel.

Ключевым достижением исследования является разработанный интеллектуальный алгоритм, который не только классифицирует здания по уровню энергопотребления (от A+ до G), но и с высокой точностью рассчитывает теплопотери через ограждающие конструкции, а также детально анализирует структуру энергозатрат. Для хранения и обработки этих данных создана гибкая мо-

дульная база, включающая блоки по строительным характеристикам (материалы, износ), инженерным системам (отопление, вентиляция) и динамическому мониторингу энергопотребления.

Внедрение данного комплекса уже приносит ощутимые результаты: повышение точности прогнозирования эксплуатационных расходов на 15–20 % и ускорение процесса принятия решений по модернизации в 2–3 раза. В перспективе – развитие системы через интеграцию умных устройств и нейросетевых алгоритмов для адаптивного управления. Помимо компьютерного программного продукта, планируется создание мобильных решений для быстрой оценки зданий, мониторинга состояния в онлайн-режиме с любого устройства и разработки единого отраслевого стандарта цифрового паспорта здания.

### Заключение

1. Разработанный программный комплекс представляет собой принципиально новый подход к управлению энергоэффективностью жилого фонда и сочетает в себе передовые технологии моделирования с практическими инструментами анализа. Его внедрение создаст основу для системной цифровизации отрасли: от разрозненных расчетов к комплексному управлению жизненным циклом, основанному на конкретных данных документации на здание. Внедрение комплекса – ключевой шаг к формированию интеллектуальной экосистемы «умного» жилого фонда, где каждое решение может начинаться с этапа проектирования и заканчиваться на этапе эксплуатации, а также внедряться непосредственно в уже эксплуатируемое здание.

2. Предлагаемый алгоритм значительно улучшит качество проектных решений, позволяя заранее предсказывать энергопотребление и затраты на протяжении всего срока службы здания, будет способствовать снижению эксплуатационных расходов, выполнению экологических стандартов и служить основой для формирования отраслевых стандартов цифрового проектирования энергоэффективных зданий. Полученные результаты открывают новые возможности для научных исследований в области устойчивого и зеленого строительства.

### Список литературы

1. Тимошкевич, И. В. Основные принципы взаимодействия совместной работы BIM и IoT / И. В. Тимошкевич // Материалы Межвуз. науч.-техн. конф. студ., аспирантов и молодых специалистов имени Е. В. Армениянского. М.: Москов. ин-т электр. и матем. им. А. Н. Тихонова, Нац. исслед. ун-т «Высш. шк. экон», 2024. С. 155–159.
2. Змачинский, А. Э. Основы энергосбережения в строительстве [Электронный ресурс] / А. Э. Змачинский, О. Г. Галузо. Минск: Белор. нац. техн. ун-т, 2007. Режим доступа: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/3672/osnovy\\_energoberezeniya\\_v\\_stroitelstve.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/3672/osnovy_energoberezeniya_v_stroitelstve.pdf?sequence=1&isallowed=y). Дата доступа: 21.04.2025.
3. Тимошкевич, И. В. К вопросу повышения энергоэффективности многоквартирных жилых домов за счет применения технологии интернета вещей / И. В. Тимошкевич // Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь: состояние и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф., Минск, 14 окт. 2024 г. Минск: Беларус. навука, 2025. С. 561–569.
4. Криштафович, А. К. Анализ алгоритмов принятия решений / К. Д. Криштафович, О. М. Внук, В. С. Плиса // 60-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 22–26 апр. 2024 г. Минск: Белор. гос. ун-т информ. и радиоэлек., 2024. С. 606–607. Режим доступа: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/57592/1/Krishtafovich\\_Analiz.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/57592/1/Krishtafovich_Analiz.pdf). Дата доступа: 01.02.2026.
5. Кравчук, А. С. Введение в алгоритмизацию и программирование: учебные материалы для студентов специальности 6-05-0533-07 «Математика и компьютерные науки (по профилизациям)» / А. С. Кравчук, А. И. Кравчук, Е. В. Кремень. Минск: Белор. гос. ун-т, 2023.
6. Зачем программисту алгоритмы? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/903368/>. Дата доступа: 01.02.2026.
7. Тимошкевич, И. В. Интеллектуальные системы мониторинга инженерных сетей: применение интернета вещей и аналитики больших данных для предотвращения протечек в многоквартирных домах / И. В. Тимошкевич // Big Data и анализ высокого уровня: сб. науч. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апр. 2025 г. Минск: Белор. гос. ун-т информ. и радиоэлек., 2025. С. 48–53.
8. Лобко, С. Сэкономим на ЖКУ? Белорусская разработка создает основу для «умных городов» [Электронный ресурс] / С. Лобко. Режим доступа: <https://smartpress.by/idea/tekhnologii/sekonomim-nazhku-belorusskaya-razrabotka-sozdaet-osnovu-dlya-umnykh-gorodov/>. Дата доступа: 01.02.2026.

9. Третьяк, М. В. Умные города как инструмент устойчивого развития: анализ технологий и перспективы внедрения в Беларуси / М. В. Третьяк // Электронные системы и технологии: сб. матер. 61-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 21–25 апр. 2025 г. Минск: Белор. гос. ун-т информ. и радиоэлектр., 2025. С. 916–918.

Поступила 04.02.2026

Принята в печать 18.03.2026

Доступна на сайте 10.07.2026

## References

1. Tsimoshkevich I. V. (2024) Basic Principles of BIM and IoT Interaction in Collaborative Work. *Proceedings of the Interuniversity Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates, and Young Specialists named after E. V. Armensky. Moscow, A. N. Tikhonov.* Moscow, Institute of Electronics and Mathematics, National Research University Higher School of Economics. 155–159 (in Russian).
2. Zmachinsky A. E., Galuzo O. G. (2007) *Fundamentals of Energy Saving in Construction.* Minsk, Belarusian National Technical University. Available: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/3672/osnovy\\_ehnergoberezeniya\\_v\\_stroitelstve.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/3672/osnovy_ehnergoberezeniya_v_stroitelstve.pdf?sequence=1&isallowed=y) (Accessed 21 April 2025) (in Russian).
3. Tsimoshkevich I. V. (2025) On Improving the Energy Efficiency of Multi-Apartment Residential Buildings Through the Application of Internet of Things Technology. *Sustainable Development of the Energy Sector of the Republic of Belarus: Status and Prospects, Proceedings of the III International Scientific Conference, Minsk, Oct. 14.* Minsk, Belaruskaya Navuka Publ. 561–569 (in Russian).
4. Krishtafovich A. K., Vnuk O. M., Pliska V. S. (2024) Analysis of Decision-Making Algorithms. *60<sup>th</sup> Anniversary Scientific Conference of BSUIR Postgraduate, Master's, and Undergraduate Students, Apr. 22–26.* Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 606–607. Available: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/57592/1/Krishtafovich\\_Analiz.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/57592/1/Krishtafovich_Analiz.pdf) (Accessed 1 February 2026) (in Russian).
5. Kravchuk A. S., Kravchuk A. I., Kremen E. V. (2023) *Introduction to Algorithmization and Programming: Educational Materials for Students of Specialty 6-05-0533-07 "Mathematics and Computer Science (by Specializations)".* Minsk, Belarusian State University (in Russian).
6. *Why Does a Programmer Need Algorithms?* Available: <https://habr.com/ru/articles/903368/> (Accessed 1 February 2026) (in Russian).
7. Tsimoshkevich I. V. (2025) Intelligent Engineering Networks Monitoring Systems: Application of the Internet of Things and Big Data Analytics for Leak Prevention in Multi-Apartment Buildings. *Big Data and High-Level Analysis: Collection of Scientific Papers from the XI International Scientific and Practical Conference, Minsk, Apr. 23–24.* Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 48–53 (in Russian).
8. Lobko S. (2026) *Saving on Utilities? A Belarusian Development Creates the Basis for "Smart Cities".* Available: <https://smartpress.by/idea/tekhnologii/sekonomim-na-zhku-belorusskaya-razrabotka-sozdaet-osnovu-dlya-umnykh-gorodov/> (Accessed 1 February 2026) (in Russian).
9. Tretiyak M. V. (2025) Smart Cities as a Tool for Sustainable Development: Analysis of Technologies and Prospects for Implementation in Belarus. *Electronic Systems and Technologies: Proceedings of the 61<sup>st</sup> Scientific Conference of Postgraduates, Master's Students and Students of BSUIR, Minsk, Apr. 21–25.* Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 916–918 (in Russian).

Received: 4 February 2026

Accepted: 18 March 2026

Available on the website: 10 July 2026

## Сведения об авторе

**Тимошкевич И. В.**, магистр экон. наук, асп. каф. электронных вычислительных машин, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; зав. сектором прикладного моделирования, Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси

## Адрес для корреспонденции

220084, Республика Беларусь,  
Минск, ул. Академика Купревича, 10, корп. 3  
Институт жилищно-коммунального хозяйства  
Национальной академии наук Беларуси  
Тел.: +375 25 929-93-03  
E-mail: tim6iv@gmail.com  
Тимошкевич Иван Валерьевич

## Information about the author

**Tsimashkevich I.**, M. Sci. (Econ.), Postgraduate of the Department of Electronic Computers, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; Head of the Applied Modeling Sector, Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus

## Address for correspondence

220084, Republic of Belarus,  
Minsk, Academician Kuprevich St., 10, Build. 3  
Institute of Housing and Public Utilities  
of the National Academy of Sciences of Belarus  
Tel.: +375 25 929-93-03  
E-mail: tim6iv@gmail.com  
Tsimashkevich Ivan