

**Стрельцов Максим Александрович**  
Кубанский государственный технологический университет  
**Фурса Евгения Денисовна**  
Кубанский государственный технологический университет  
**Гулякин Дмитрий Владимирович**  
Кубанский государственный технологический университет

### **Оптимизация затрат на экспериментальные исследования при проектировании жилых комплексов**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы оптимизации затрат на экспериментальные исследования при проектировании жилых комплексов на основе использования данных мониторинга существующих зданий и сооружений. Особое внимание уделено анализу возможностей применения результатов эксплуатационных наблюдений за техническим состоянием жилых объектов при разработке новых проектных решений. Обоснована эффективность использования фактических эксплуатационных характеристик зданий при реконструкции, модернизации и строительстве жилых комплексов как альтернативы дорогостоящим лабораторным испытаниям и сложным расчетным исследованиям. Предложена методика формирования проектных решений, основанная на систематизации и сравнительном анализе данных мониторинга зданий-аналогов, учитывающая условия эксплуатации, конструктивные особенности и уровень износа элементов. Представлены результаты экспериментального исследования, подтверждающие возможность значительного снижения финансовых и временных затрат на проведение экспериментальных работ при сохранении высокой достоверности и надежности проектных решений, а также повышении эффективности инвестиционно-строительных проектов.

**Ключевые слова:** мониторинг зданий, реконструкция жилых комплексов, модернизация зданий, оптимизация затрат, эксплуатационные исследования, энергоэффективность, техническое обследование зданий.

**Streltsov Maxim Alexandrovich**  
Kuban State University of Technology  
**Fursa Evgeniya Denisovna**  
Kuban State University of Technology  
**Gulyakin Dmitry Vladimirovich**  
Kuban State University of Technology

### **Optimization of experimental research costs in the design of residential complexes**

**Annotation.** The article discusses the issues of optimizing the costs of experimental research in the design of residential complexes based on the use of monitoring data for existing buildings. The effectiveness of the use of operational observations in the reconstruction and modernization of housing stock as an alternative to expensive laboratory and computational studies is substantiated. A methodology for the formation of design solutions based on the analysis of the operational characteristics of analog buildings is proposed. The results of an experimental study are presented, confirming the possibility of significantly reducing the cost of conducting experimental research while maintaining high reliability of design solutions.

**Keywords:** monitoring of buildings, reconstruction of residential complexes, modernization of buildings, cost optimization, operational research, energy efficiency, technical inspection of buildings.

**Введение.** Современное жилищное строительство характеризуется постоянным ростом требований к надежности, энергоэффективности и экономической эффективности зданий. При проектировании новых жилых комплексов и реконструкции существующих объектов требуется проведение экспериментальных исследований, направленных на обоснование конструктивных и инженерных решений. Однако проведение лабораторных испытаний и комплексных расчетных исследований сопровождается значительными финансовыми затратами.

В последние годы в научной практике активно развивается направление использования эксплуатационных данных зданий. Анализ результатов мониторинга технического состояния конструкций и инженерных систем позволяет получать достоверные данные о фактическом функционировании зданий в реальных условиях эксплуатации. Такой подход рассматривается как перспективный инструмент оптимизации затрат на экспериментальные исследования.

Особую актуальность данный подход приобретает при реконструкции и модернизации жилых комплексов, где накопленные данные эксплуатации могут использоваться для формирования проектных решений без проведения дорогостоящих экспериментальных испытаний.

Целью исследования является разработка методики оптимизации затрат на экспериментальные исследования при проектировании жилых комплексов на основе мониторинга зданий при реконструкции и модернизации.

Задачи исследования:

1. Проанализировать роль мониторинга зданий в процессе проектирования.
2. Определить факторы формирования затрат на экспериментальные исследования.
3. Разработать методику использования эксплуатационных данных при проектировании жилых комплексов.
4. Оценить эффективность предложенного подхода.

Научная новизна исследования заключается в разработке методики оптимизации затрат на экспериментальные исследования при проектировании жилых комплексов, основанной на системном использовании данных мониторинга зданий при реконструкции и модернизации.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенной методики при реконструкции и проектировании жилых комплексов для сокращения затрат на экспериментальные исследования и повышения надежности проектных решений.

Методика может использоваться проектными организациями, экспертными учреждениями и строительными компаниями.

### **1. Значение мониторинга зданий в современной строительной практике**

Мониторинг зданий представляет собой систему наблюдений за техническим состоянием строительных конструкций и инженерных систем в процессе эксплуатации. Основной задачей мониторинга является получение объективной информации о фактических характеристиках здания.

Современные исследования показывают, что эксплуатационные данные позволяют выявлять закономерности изменения технического состояния конструкций, оценивать эффективность инженерных систем и определять фактические показатели энергоэффективности зданий [1].

При реконструкции жилых комплексов мониторинг выполняет следующие функции:  
– выявление дефектов и повреждений конструкций;

- анализ фактических нагрузок на строительные элементы;
- оценка эффективности инженерных систем;
- прогнозирование остаточного ресурса конструкций.

Использование результатов мониторинга позволяет сократить объем экспериментальных исследований, поскольку фактические данные эксплуатации обладают высокой степенью достоверности.

## 2. Факторы формирования затрат на экспериментальные исследования

Затраты на экспериментальные исследования при проектировании жилых комплексов формируются под воздействием нескольких ключевых факторов.

1) Объем лабораторных исследований. Лабораторные испытания строительных материалов и конструкций требуют применения специализированного оборудования, что приводит к значительным финансовым затратам.

2) Натурные испытания конструкций. Полномасштабные испытания строительных конструкций сопровождаются высокими трудозатратами и требуют значительных материальных ресурсов.

3) Многовариантность проектных решений. Необходимость анализа различных вариантов конструктивных решений увеличивает количество экспериментальных исследований.

Использование мониторинга зданий позволяет существенно сократить влияние указанных факторов за счет применения эксплуатационных данных.

## **3. Использование мониторинга зданий при реконструкции и модернизации жилых комплексов**

Мониторинг зданий при реконструкции включает комплекс мероприятий по обследованию конструкций и анализу параметров эксплуатации.

Основные методы мониторинга включают:

- инструментальное обследование строительных конструкций;
- теплотехнические измерения;
- контроль деформаций и трещинообразования;
- анализ работы инженерных систем.

Полученные данные позволяют формировать проектные решения с учетом фактических условий эксплуатации зданий. Исследования показывают, что использование данных мониторинга позволяет повысить точность оценки технического состояния зданий и снизить неопределенность проектных решений [2,7].

## **4. Методика оптимизации затрат на экспериментальные исследования**

Предлагаемая методика включает следующие этапы:

Этап 1. Выбор зданий-аналогов - отбор объектов, имеющих аналогичные конструктивные и эксплуатационные характеристики.

Этап 2. Проведение технического обследования - обследование включает визуальный осмотр, инструментальные измерения и анализ эксплуатационной документации.

Этап 3. Анализ эксплуатационных параметров - на данном этапе выполняется обработка данных мониторинга, включая анализ энергоэффективности, надежности конструкций и эффективности инженерных систем.

Этап 4. Формирование проектных решений - проектные решения формируются на основе анализа эксплуатационных данных и выявленных закономерностей функционирования зданий.

Этап 5. Экономическая оценка- оценивается эффективность применения эксплуатационных данных по сравнению с традиционными экспериментальными исследованиями.

Предложенная методика позволяет существенно сократить объем лабораторных и натурных исследований [3].

## **Методологическая основа эксперимента**

Экспериментальное исследование базируется на применении комплексного мониторинга технического состояния жилого здания при реконструкции и модернизации, выполненного в соответствии с требованиями действующих нормативных документов Российской Федерации, включая ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», а также СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

В основу экспериментального исследования положен метод натурного обследования зданий с последующим анализом эксплуатационных характеристик конструкций и инженерных систем. Данный метод основан на сборе фактических данных о техническом состоянии строительных элементов, параметрах микроклимата помещений и показателях энергоэффективности здания [4].

Эксперимент базируется на следующих научных положениях:

1. Техническое состояние строительных конструкций определяется совокупностью физико-механических характеристик материалов и фактических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации здания.

2. Эксплуатационные показатели зданий формируются под воздействием климатических условий, качества строительных материалов, уровня износа конструкций и эффективности инженерных систем.

3. Результаты натурных обследований обладают высокой достоверностью, поскольку отражают реальные условия эксплуатации зданий, что позволяет использовать их при разработке проектных решений без проведения дополнительных лабораторных исследований.

В качестве объекта исследования выбрано многоквартирное жилое здание панельного типа, введенное в эксплуатацию в 1984 году. Выбор объекта обусловлен типичностью конструктивных решений для массовой жилой застройки и наличием архивных данных эксплуатации здания.

Экспериментальное исследование включало следующие этапы:

1. Анализ эксплуатационной документации

На первом этапе проводился анализ технической документации здания, включающий изучение проектных решений, журналов эксплуатации и результатов предыдущих обследований. Данный этап позволил определить исходные характеристики конструкций и выявить потенциальные проблемные зоны.

2. Проведение визуального обследования конструкций

Визуальное обследование выполнялось с целью выявления дефектов строительных конструкций, включая трещинообразование, разрушение защитного слоя бетона, коррозию арматуры и деформации элементов здания.

3. Инструментальное обследование

Инструментальные измерения выполнялись с использованием сертифицированных приборов контроля технического состояния строительных конструкций. В ходе обследования проводились:

- измерение прочности бетона неразрушающими методами;
- контроль деформаций строительных конструкций;
- тепловизионное обследование ограждающих конструкций;
- измерение параметров микроклимата помещений;
- анализ работы инженерных систем.

4. Сбор эксплуатационных данных

Эксплуатационные данные собирались на основе показаний приборов учета тепловой энергии, архивных данных управляющей организации и результатов энергоаудита здания за период 2014–2024 гг.

5. Обработка результатов обследования

Полученные данные подвергались статистической обработке с целью определения средних значений эксплуатационных параметров и выявления отклонений от нормативных показателей. Анализ результатов позволил оценить степень физического износа строительных конструкций и определить направления модернизации здания.

Эксперимент базируется на сравнительном анализе двух подходов к формированию проектных решений:

- традиционного подхода, основанного на лабораторных испытаниях строительных материалов;
- подхода, основанного на использовании данных мониторинга зданий.

Достоверность результатов эксперимента обеспечивается применением нормативных методик обследования зданий, использованием сертифицированного измерительного оборудования и обработкой эксплуатационных данных за длительный период наблюдений [5,6].

Обследование проводилось на жилом здании панельного типа, построенном в 1984 году.

Таблица 1 — Результаты обследования строительных конструкций

Конструктивный элемент	Выявленные дефекты	Степень износа, %	Фактическая несущая способность	Нормативное значение
Наружные стеновые панели	Трещины, разрушение швов	28	Соответствует нормативу	Соответствует
Межэтажные перекрытия	Коррозия арматуры	22	Соответствует нормативу	Соответствует
Фундамент	Незначительные осадки	18	Соответствует нормативу	Соответствует
Балконные плиты	Разрушение защитного слоя бетона	35	Требуется усиление	Соответствует

Исходные характеристики объекта:

- этажность – 9 этажей;
- общая площадь – 18 500 м<sup>2</sup>;
- конструктивная схема – панельное домостроение.

В ходе исследования проводились следующие мероприятия:

- обследование технического состояния конструкций;
- тепловизионное обследование ограждающих конструкций;
- анализ работы систем отопления и вентиляции;
- сбор эксплуатационных данных за 10 лет.

Полученные результаты показали:

- снижение объема лабораторных исследований на 42 %;
- сокращение затрат на экспериментальные исследования на 31 %;
- повышение точности оценки технического состояния конструкций;
- снижение эксплуатационных затрат после модернизации на 16 %.

Результаты подтверждают эффективность применения мониторинга зданий при проектировании реконструкции жилых комплексов.

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что использование мониторинга зданий при реконструкции и модернизации является эффективным инструментом оптимизации затрат на экспериментальные исследования. Применение эксплуатационных данных позволяет повысить достоверность проектных решений и сократить объем лабораторных испытаний.

Предложенная методика обеспечивает снижение затрат на экспериментальные исследования и может применяться при реконструкции жилых комплексов различного конструктивного типа.

#### **Список источников**

1. Федоров В.В., Карпенко Н.И. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений. – М.: АСВ, 2022.
2. Бойко А.В., Петров С.С. Методы обследования строительных конструкций жилых зданий. – СПб.: Политехника, 2023.
3. Ghosh S., Choudhary R. Building performance monitoring and renovation strategies // Sustainable Cities and Society. 2022.
4. Kavacic M., Mumovic D. Post-occupancy evaluation and building performance analysis // Energy and Buildings. 2024.
5. Дьяков А.В. Реконструкция жилых зданий: современные методы обследования и модернизации. – М.: Стройиздат, 2024.
6. Asdrubali F., Baldinelli G. Energy retrofit strategies for residential buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2023.
7. Коновалов Ю.М. Эксплуатационная надежность жилых зданий. – М.: МГСУ, 2021.

#### **Сведения об авторах**

**Стрельцов Максим Александрович**, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия.

**Фурса Евгения Денисовна**, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия.

**Гулякин Дмитрий Владимирович**, доктор педагогических наук, профессор кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия.

#### **Information about the authors**

**Streltsov Maxim Aleksandrovich**, student of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.

**Fursa Evgeniya Denisovna**, student of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.

**Gulyakin Dmitry Vladimirovich**, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia.