

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

LIFE CYCLE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION FACILITIES



УДК 697.1, 697.3

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-68-75>

Оригинальное эмпирическое исследование



EDN: ZJATYD

Разработка структуры жизненного цикла системы отопления строительного объекта

Е.П. Лысова , О.Н. Парамонова 

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ katerina.lysova0803@gmail.com

Аннотация

Введение. Система отопления является неотъемлемой частью строительного объекта. В статье авторы исследуют жизненный цикл системы отопления — сложной системы инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений, элементы которой должны стабильно, эффективно и полноценно функционировать на протяжении отопительного периода в течение всего срока эксплуатации. Продуктивная работа системы отопления закладывается на этапе ее проектирования, монтажа, корректируется и поддерживается на этапах эксплуатации и модернизации. Следовательно, изучение жизненного цикла системы отопления представляет собой важную научную и практическую задачу, а управление этапами жизненного цикла становится важным, т.к. позволяет обеспечить эффективность, технологичность, экономичность и надежность. Цель работы — создать модель жизненного цикла для эффективного управления его этапами и стадиями.

Материалы и методы. Авторы разработали структуру жизненного цикла системы отопления зданий, используя методы аналогии, сравнительного анализа и синтеза на основе научных и практических результатов исследований. Исследование сфокусировано на системе водяного отопления жилых и общественных зданий.

Результаты исследования. Исследование системы отопления помогло выделить пять этапов ее функционирования (предпроектная подготовка, проектирование, эксплуатация, модернизация и утилизация) и создать структуру жизненного цикла. В дальнейшем это дает возможность создать энергоэффективную, надежную и экономичную систему, отвечающую современным требованиям эксплуатации, повысить качество ее обслуживания, а также упростить процесс управления ею.

Обсуждение и заключение. Жизненный цикл системы отопления включает все этапы от проектирования до модернизации. Грамотное управление этими этапами обеспечивает эффективную работу системы, повышая комфорт и снижая расходы. Комплексный подход к управлению позволяет максимально использовать потенциал отопления. Системное исследование каждого этапа помогает выбрать оптимальную систему, соответствующую критериям эффективности, безопасности и экономичности. Структура жизненного цикла позволяет создать единую цифровую модель для интеллектуального управления объектом на всех стадиях.

Ключевые слова: жизненный цикл, система отопления, управление жизненным циклом, строительный объект

Для цитирования. Лысова Е.П., Парамонова О.Н. Разработка структуры жизненного цикла системы отопления строительного объекта. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2025;4(1):68–75. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-68-75>

Development of the Structure of the Life Cycle of the Heating System of a Construction Facility

Ekaterina P. Lysova , Oksana N. Paramonova 

Don State Technical University, 1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ katerina.lysova0803@gmail.com

Abstract

Introduction. The heating system is an integral part of the construction site. In the article, the author explores the life cycle of a heating system, a complex system of engineering and technical support for buildings and structures, the elements of which must function stably, efficiently and fully throughout the heating period during the entire service life. The productive operation of the heating system is laid at the stage of its design, installation, adjusted and maintained at the stages of operation and modernization. Therefore, studying the life cycle of a heating system is an important scientific and practical task, and managing the stages of the life cycle becomes important, as it allows for efficiency, adaptability, cost-effectiveness and reliability.

Materials and methods. The authors have developed the structure of the life cycle of a building heating system using methods of analogy, comparative analysis and synthesis based on scientific and practical research results. The study focuses on the water heating system of residential and public buildings. The purpose of the work is to create a model of the life cycle for effective management of its stages and stages.

Results. The study of the heating system helped to identify five stages of its operation (pre-design, design, operation, modernization and disposal) and to create a life cycle structure. In the future, this will make it possible to create an energy-efficient, reliable and economical system that meets modern operational requirements, improve the quality of its maintenance, and simplify the management process.

Discussion and conclusion. The life cycle of a heating system includes all stages from design to modernization. Proper management of these stages ensures efficient operation of the system, increasing comfort and reducing costs. An integrated management approach makes it possible to maximize the heating potential. A systematic study of each stage helps to choose the optimal system that meets the criteria of efficiency, safety and cost-effectiveness. The structure of the life cycle allows one to create a single digital model for intelligent management of an object at all stages.

Keywords: life cycle, heating system, life cycle management, construction site

For citation. Lysova EP, Paramonova ON. Development of the Structure of the Life Cycle of the Heating System of a Construction Facility. *Modern Trends in Construction, Urban Planning and Territorial Planning*. 2025;4(1):68–75. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2025-4-1-68-75>

Введение. Концепцию системного управления этапами жизненного цикла широко используют во многих сферах хозяйственной деятельности человека с целью повышения эффективности, технологичности, экономичности и надежности работы объекта (проекта, системы, изделия или продукта) [1–3]. В строительной отрасли эта концепция также распространена и часто применима в первую очередь для зданий и сооружений, т. е. объектов капитального строительства [4, 5].

Так, в соответствии с основными положениями¹ под жизненным циклом здания или сооружения понимают период, в течение которого выполняются инженерные изыскания, осуществляются архитектурно-строительное проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения. Авторы исследования [6] жизненным циклом здания называют время от момента обоснования необходимости возведения до наступления экономической нецелесообразности его эксплуатации и выделяют восемь его этапов, начиная с технико-экономического обоснования возведения объекта и заканчивая технико-экономическим обоснованием его реконструкции.

Относясь к строительным объектам, инженерные системы являются основой их инфраструктуры и призваны обеспечивать комфортные и безопасные условия жизни или пребывания людей в них. Однако вопросам моделирования жизненного цикла инженерных систем не уделяется должного внимания в научных исследованиях. Так, например, на основе «круга качества» предложен жизненный цикл систем теплоснабжения на примере когенерирующей установки для ТЭЦ [7], представлена методология разработки цифровой информационной модели элементов системы теплоснабжения на всех этапах ее жизненного цикла [8, 9]. В исследовании [10] описан

¹ Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023). Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/4ceedc6beeab98acfcffe6b042e41a8319e1c922/ (дата обращения 20.02.2025).

алгоритм увеличения жизненного цикла систем кондиционирования воздуха, в работе [11] разработана модель управления жизненным циклом вентиляционной системы строительного объекта.

Системы отопления зданий или сооружений, являясь важной и неотъемлемой их частью, обеспечивают соблюдение требуемых значений параметров микроклимата в холодный период года. Однако проведенные аналитические исследования свидетельствуют о существенном дефиците научных работ, посвященных комплексному изучению жизненного цикла отопительных систем. Следовательно, изучение этапов модели жизненного цикла системы отопления с целью оптимизации затрат, улучшения качества и повышения эффективности работы и в конечном счете управления ею представляет собой важную научную и практическую задачу. Продуктивная работа системы отопления закладывается на этапе ее проектирования и монтажа, корректируется и поддерживается на этапах эксплуатации и модернизации, при этом каждая стадия предполагает выполнение комплекса работ, направленных на достижение определенных результатов.

Отсутствие целостного подхода к изучению жизненного цикла приводит к существенному снижению качества принимаемых решений и увеличению эксплуатационных издержек, что подтверждает необходимость всестороннего исследования всех стадий функционирования системы отопления как единого технологического процесса.

На основе детального изучения этапов и стадий предложена структура жизненного цикла системы отопления как сложной системы инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений, элементы которой должны стабильно, эффективно и полноценно функционировать на протяжении отопительного периода в течение всего срока эксплуатации. Знание особенностей и специфики каждого этапа жизненного цикла дает возможность ими управлять и позволяет обеспечить максимальную эффективность, технологичность, экономичность и надежность системы.

Материалы и методы. Использование методов аналогии, сравнительного анализа и синтеза на основе обобщения научных и практических результатов исследований позволило авторам построить модель жизненного цикла системы отопления зданий и сооружений как неотъемлемой части строительного объекта. При этом объектом исследования являлась система водяного отопления, а целью исследования — разработка модели жизненного цикла системы водяного отопления жилых и общественных зданий. Для достижения цели выявлены и проанализированы основные этапы жизненного цикла и их стадии с целью возможности управления ими.



Рис. 1. Классификация систем водяного отопления

Результаты исследования. Понимая под системой отопления одну из систем инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений, авторы полагают, что жизненный цикл системы отопления — это совокупность взаимосвязанных, взаимозависимых и последовательных процессов проектирования, монтажа, эксплуатации, модернизации и утилизации системы, обеспечивающей подачу теплоты в помещения и поддержание в них в холодное время года требуемых температур.

Выбор принципиальной схемы системы отопления зависит от множества факторов: назначение помещения, вид теплоносителя, режим работы системы отопления, способ перемещения теплоносителя, взаимное расположение основных элементов и т.д. Если принять в качестве объекта строительства жилое или общественное здание, то система водяного отопления является наиболее предпочтительным вариантом по совокупности требований, предъявляемых к системам отопления. Системы водяного отопления весьма многообразны (рис. 1), каждая имеет свои преимущества и недостатки. Выбор оптимального варианта системы для конкретного объекта с учетом всех его особенностей и требований заказчика определяется условиями эксплуатации, техническими и экономическими требованиями.

Каждый из вариантов системы предполагает наличие основного и дополнительного оборудования (рис. 2) [12–14], состав и особенности комплектации которого зависят от выбранного варианта системы водяного отопления.

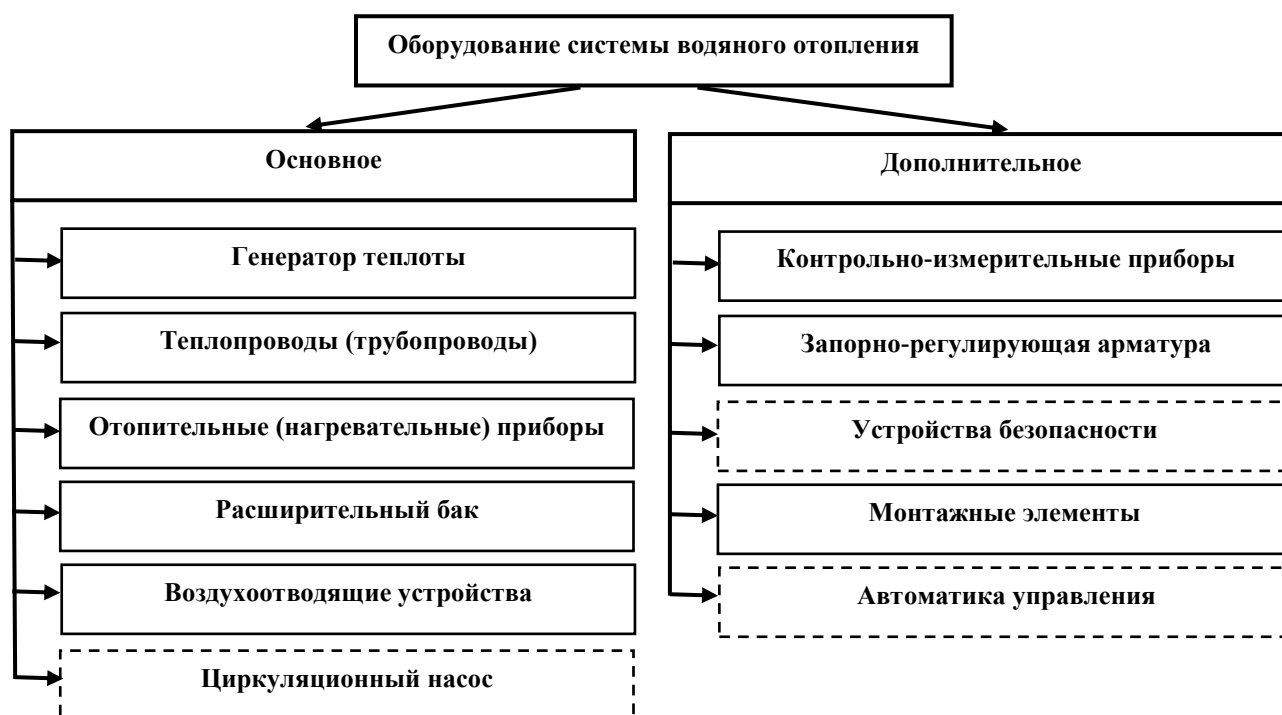


Рис. 2. Оборудование систем водяного отопления

Вариативность возможных конструктивных и технических решений систем водяного отопления, многообразие и постоянно расширяющаяся номенклатура основного и дополнительного оборудования создает определенные сложности при проектировании, монтаже и эксплуатации, поскольку требует учета многочисленных параметров и характеристик каждого элемента системы. Особую актуальность приобретает проблема выбора оптимальной системы водяного отопления, которая должна соответствовать комплексным критериям эффективности, безопасности и экономической целесообразности.

В связи с этим изучение этапов жизненного цикла систем отопления представляется методологически обоснованным и практически необходимым для обеспечения эффективной и надежной эксплуатации в долгосрочной перспективе.

Исследование системы отопления предполагает выделение пяти этапов ее функционирования: предпроектной подготовки, проектирования, эксплуатации, модернизации и утилизации. Каждый из указанных этапов характеризуется стадиями реализации, которые определяют текущее состояние отопительной системы, комплекс необходимых работ и ожидаемые результаты их выполнения.

Этап предпроектной подготовки направлен на определение целесообразности проектирования системы отопления и сбор исходной информации. Данный этап включает две последовательные стадии:

1 стадия — запрос и сбор исходных данных для проектирования (сведения о климатических и метеорологических условиях района строительства, расчетных параметрах наружного воздуха и воздуха помещений, сведения об

источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей и т.п.), в том числе исходных данных смежных разделов проектной документации (генплан здания или сооружения, планы, разрезы и т.п.).

2 стадия — разработка технического задания на проектирование (с учетом категории и функционального назначения здания или сооружения).

Этап проектирования системы отопления — основополагающий в создании инженерной инфраструктуры строительного объекта. Именно этот этап определяет основные параметры будущей системы: эффективность, безопасность и экономическую целесообразность. Этап проектирования жизненного цикла системы отопления предполагает следующие стадии:

1 (3) стадия — анализ полученных исходных данных с последующим выполнением теплотехнического расчета ограждающих конструкций, расчета тепловых потерь и определения тепловой мощности системы отопления, определением принципиальной схемы системы отопления гидравлическим и тепловым расчетом системы, определением состава и подбором основного и дополнительного оборудования.

Стадия является важной для формирования технически обоснованного и экономически эффективного решения, обеспечивающего требуемые параметры микроклимата в помещениях при оптимальном энергопотреблении.

2 (4) стадия — оформление пояснительной записки и разработка графической части проекта по результатам расчетов.

Результатом этого этапа жизненного цикла системы отопления является проект будущей системы отопления для объекта строительства.

Этап технической эксплуатации начинается с монтажа системы отопления, выполнения пуско-наладочных работ и подразумевает периодическое техническое обслуживание, контроль за состоянием оборудования и своевременное устранение неисправностей в процессе непосредственной эксплуатации системы. Третий этап включает четыре стадии.

1 (5) стадия — монтаж, т. е. процесс установки системы отопления монтажной организацией, предполагающий монтаж отопительных приборов, труб, подключение системы к источнику тепла и т.п.

2 (6) стадия — пуско-наладочные работы, направленные на проверку, настройку и тестирование системы отопления (проверка соответствия оборудования проектным параметрам, выполнение гидравлических испытаний, регулировка и наладка работы насосного и котельного оборудования и т.п.).

3 (7) стадия — непосредственно эксплуатация системы отопления в оптимальном рабочем режиме (эффективный обогрев сочетается с минимизацией расходов), предполагающая согласованную и сбалансированную работу всех ее элементов на протяжении отопительного периода в течение всего срока эксплуатации.

4 (8) стадия — техническое обслуживание с установленной периодичностью и планово-предупредительный ремонт, направленные на поддержание системы отопления в исправном состоянии на протяжении отопительного периода в течение всего срока эксплуатации (предотвращение, выявление и устранение технических неисправностей и сбоев в работе для обеспечения длительного безаварийного использования).

Физический износ и устаревание элементов системы отопления, снижение ее теплопроизводительности, изменение потребностей потребителей тепловой энергии, а также необходимость снижения энергопотребления и повышения энергоэффективности зданий или сооружений с течением времени требуют реализации следующего этапа жизненного цикла — *модернизации* системы отопления. Модернизация предполагает обновление системы отопления через замену физически и морально устаревших компонентов на современные и более энергетически эффективные с внедрением систем автоматизации и управления. Этап модернизации включает несколько стадий реализации.

1 (9) стадия — формирование технического задания на модернизацию, изучение вариантов модернизации системы отопления и детальная проработка предполагаемых технических решений (замена отопительных приборов, установка индивидуальных терморегуляторов с датчиком температуры воздуха и т.п.).

2 (10) стадия — выбор и реализация варианта модернизации.

Финальным этапом жизненного цикла системы отопления является *этап утилизации* при достижении предельного состояния эксплуатационных характеристик оборудования. В этом случае жизненный цикл системы отопления завершается, производится демонтаж устаревшего оборудования и его утилизация.

В условиях эксплуатации в оптимальном рабочем режиме, технического обслуживания с установленной периодичностью и планово-предупредительного ремонта продолжительность жизненного цикла системы водяного отопления достигает 40–50 лет, в реальных условиях продолжительность составляет 25–30 лет [15, 16], что соответствует минимальному сроку эксплуатации. Это усредненные показатели, которые учитывают среднюю *продолжительность эксплуатации* основных элементов системы отопления (для генераторов теплоты — 15–25 лет, для отопительных приборов — 20–40 лет, теплопроводов — 20–40 лет, запорной арматуры — 15–20 лет, расширительных баков — 20 лет, циркуляционных насосов — 10–15 лет, теплообменников — около 20 лет).

Детальное исследование этапов и стадий жизненного цикла системы отопления позволяет решить ряд важных задач:

- 1) формирование комплексного представления о системе отопления, что способствует принятию обоснованных управленческих решений и повышению качества ее эксплуатации;
- 2) возможность оценки эффективности работы системы на всех этапах её существования (анализ, корректировка и выбор проектных решений, оценка качества монтажных работ и последующей эксплуатации);
- 3) возможность заблаговременного выявления потенциальных проблем и их предотвращение;
- 4) оптимизация затрат не только на этапе проектирования и монтажа системы, но и на этапе эксплуатации за счет грамотного планирования обслуживания и ремонта на основе фактических данных о состоянии системы;
- 5) продление срока службы оборудования;
- 6) снижение аварийности системы;
- 7) возможность прогнозирования эксплуатации и модернизации (при необходимости).

В конечном итоге системное исследование жизненного цикла отопления дает возможность создать энергоэффективную, надежную и экономичную систему, отвечающую современным требованиям эксплуатации, повысить качество ее обслуживания, а также упростить процесс управления ею.

Обсуждение и заключение. Жизненный цикл системы отопления охватывает все этапы ее существования, начиная от проектирования и монтажа до эксплуатации и модернизации. Понимание и правильное управление этими этапами позволяет обеспечить эффективную и экономичную работу отопительной системы зданий и сооружений, повышая комфорт и снижая эксплуатационные расходы.

Управление жизненным циклом системы отопления является ключевым фактором для обеспечения ее эффективной и экономичной работы на протяжении всего срока службы. Комплексный подход, включающий проектирование, установку, эксплуатацию, модернизацию и управление, позволяет максимально использовать потенциал отопительной системы, обеспечивая комфорт и снижая эксплуатационные расходы.

Системное исследование каждого этапа жизненного цикла системы отопления обеспечивает возможность выбора оптимальной системы водяного отопления, которая должна соответствовать комплексным критериям эффективности, безопасности и экономической целесообразности, обеспечивает возможность прогнозирования технического состояния, планирования ремонтных работ и модернизации, что способствует повышению надежности и экономической эффективности эксплуатации в долгосрочной перспективе.

Кроме вышеперечисленного модель жизненного цикла обеспечивает возможность создания единой информационной (цифровой) модели и позволяет осуществлять интеллектуальное динамическое управление на всех стадиях функционирования объекта — от инженерных изысканий до реконструкции и модернизации.

Список литературы / References

1. Жданов В.Ю. Новый взгляд на этапы жизненного цикла организации. *Московский экономический журнал*. 2021;6:378–388. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2021-10347>
- Zhdanov VYu. A New Look at the Stages of the Organization's Life Cycle. *Moscow Economic Journal*. 2021(6):378–388. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2021-10347>
2. Агибалова В.Г., Баша И.В., Суббота А.В., Вассуф Ф.С. Особенности управления организацией с учетом стадий жизненного цикла. *Естественно-гуманитарные исследования*. 2023;5(49):367–370. URL: <https://esj.today/PDF/50ECVN122.pdf> (дата обращения 19.01.2025).
- Agibalova VG, Basha IV, Subbota AV, Wassuf FS. Features of Organization Management Taking into Account the Stages of the Life Cycle. *Natural Sciences and Humanities Research*. 2023;5(49):367–370. (In Russ.) URL: <https://esj.today/PDF/50ECVN122.pdf> (accessed: 19.01.2025).
3. Бегларян К.Э. Теоретико-практические аспекты формирования имиджа учреждений культуры. *Научная палитра*. 2020;2(28):8. URL: [https://s.esrae.ru/culture/pdf/2020/2\(28\)/891.pdf](https://s.esrae.ru/culture/pdf/2020/2(28)/891.pdf) (дата обращения 19.01.2025).
- Beglaryan KE. Theoretical Aspects of the Enterprise Life Cycle Analysis. *Scientific Palette*. 2020;2(28):14. (In Russ.) URL: [https://s.esrae.ru/culture/pdf/2020/2\(28\)/891.pdf](https://s.esrae.ru/culture/pdf/2020/2(28)/891.pdf) (accessed: 19.01.2025).
4. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Воронов В.А. Управление жизненным циклом устойчивого состояния объекта строительства. *Эксперт: теория и практика*. 2023;3(22):131–137. https://doi.org/10.51608/26867818_2023_3_131
- Fedosov SV, Fedoseev VN, Zaytseva IA, Voronov VA. Life Cycle Management of a Steady state of a Construction Object. *Expert: Theory and Practice*. 2023;3(22):131–137. (In Russ.) https://doi.org/10.51608/26867818_2023_3_131
5. Топчий Д.В. Организационно-технические решения по обеспечению качества строительно-монтажных работ на различных этапах жизненного цикла объекта строительства. *Вестник МГСУ*. 2023;18(2):283–292. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.2.283-292>

Topchiy DV. Organizational and Technical Solutions to Ensure the Quality of Construction and Installation Works at Various Stages of the Life Cycle of a Construction Project. *Bulletin of MSAU*. 2023;18(2):283–292. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.2.283-292>

6. Беляев А.В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений. *Промышленное и гражданское строительство*. 2019(1):65–72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36973984> (дата обращения 22.01.2025).

Belyaev AV, Antipov SS. Life Cycle of Construction Projects in Information Modeling of Buildings and Structures. *Industrial and Civil Engineering*. 2019(1):65–72. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36973984> (accessed: 22.01.2025).

8. Беспалов В.И., Гурова О.С., Лысова Е.П., Гришин Г.С. Анализ жизненного цикла парогазотурбинных ТЭЦ. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2022;1(4):32–43. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-32-43>

Bespalov VI, Gurova OS, Lysova EP, Grishin GS. Analysis of the Life Cycle of Combined-cycle Gas Turbine TECs. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2022;1(4):32–43. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-4-32-43>

9. Тихомиров А.Л., Пирожникова А.П. Формирование принципов количественного регулирования параметров системы теплоснабжения на основе анализа ее жизненного цикла. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(2):29–35. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-29-35>

Tikhomirov AL, Pirozhnikova AP. Formation of Principles of Quantitative Regulation of Parameters of the Heat Supply System Based on the Analysis of its Life Cycle. *Modern Trends in construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(2):29–35. URL: <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-29-35>

10. Тихомиров А.Л., Пирожникова А.П. Разработка информационной модели системы теплоснабжения на различных этапах ее жизненного цикла. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2022;1(3):35–42. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-35-42>

Tikhomirov A. L., Pirozhnikova A. P. Development of an Information Model of the Heat Supply System at Various Stages of its Life Cycle. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2022;1(3):35–42. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-35-42>

11. Беспалов В.И., Ткачева Ю.Ю., Николаев А.И. Разработка алгоритма увеличения жизненного цикла систем кондиционирования воздуха (СКВ). *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(4):127–136. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-127-136>

Bespalov VI, Tkacheva YuYu, Nikolaev AI. Development of an Algorithm for Increasing the Life Cycle of Air Conditioning Systems (ACs). *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(4):127–136. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-127-136>

12. Самарская Н.С. Управление жизненным циклом вентиляционной системы строительного объекта. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(4):137–143. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-137-143>

Samarskaya NS. Life Cycle Management of the Ventilation System of a Construction Site. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(4):137–143. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-137-143>

13. Усиков С.М., Аксёнова А.А. Управление качеством работы системы водяного отопления. *Инновации и инвестиции*. 2021;2:179–182. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-raboty-sistemy-vodyanogo-otopleniya> (дата обращения 22.01.2025).

Usikov SM, Aksenova AA. Quality Management of the Water Heating System. *Innovations and Investments*. 2021;2:179–182. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-raboty-sistemy-vodyanogo-otopleniya> (accessed: 22.01.2025).

14. Новосельцев В.Г., Новосельцева Д.В. Изучение эффективности методов балансировки систем водяного отопления. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*. 2021(16):94–98. URL: <file:///C:/Users/sstudennikova/Downloads/1163-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8-2245-2-10-20220408.pdf> (дата обращения 22.01.2025).

Navaseltsau U., Navaseltava D. Study of the Effectiveness of Various Methods of Balancing Systems Water Heating. *Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Sciences*. 2021(16):94–98. (In Russ.) URL: <file:///C:/Users/sstudennikova/Downloads/1163-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8-2245-2-10-20220408.pdf> (accessed: 22.01.2025).

15. Новосельцев В.Г., Новосельцева Д.В. Оценка работоспособности системы водяного отопления, не соответствующей проекту. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*. 2022(14):58–63. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2022-32-14-58-63>

Navaseltsau U., Navaseltsava D. Assessment of the Operability of the Water Heating System, Not Relevant to the Project. *Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Sciences*. 2022(14):58–63. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2022-32-14-58-63>

16. Ямлеева Э.У. О надёжности и долговечности систем отопления зданий. *Вестник Ульяновского государственного технического университета*. 2018;1(81):53–57. URL: <https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2017/252.pdf> (дата обращения 22.01.2025).

Yamleeva EU. On the Reliability and Ddurability of Heating Systems of Buildings. *Bulletin of the Ulyanovsk State Technical University*. 2018;1(81):53–57 (In Russ.) URL: <https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2017/252.pdf> (accessed: 22.01.2025).

17. Логинова А.А., Панкова Т.А. Сравнительный анализ систем отопления. В: *Материалы XI Национальной конференции с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения»*. Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова; 2021. С. 31–33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46541348> (дата обращения 22.01.2025).

Loginova AA, Pankova TA. Comparative Analysis of Heating Systems. *Proceedings of the 11th National Conference with International Participation Modern Problems and Pprospects for the Development of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply*. Saratov: SSAU named after N.I. Vavilov; 2021. P. 31–33. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46541348> (accessed: 22.01.2025).

Об авторах:

Лысова Екатерина Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, климатехники и альтернативных энергоустановок Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), katerina.lysova0803@gmail.com

Парамонова Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, климатехники и альтернативных энергоустановок Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), paramonova_oh@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

Е.П. Лысова: формирование основной концепции, анализ результатов исследований, корректировка выводов, графическое оформление, доработка текста.

О.Н. Парамонова: цели и задачи исследования, анализ результатов исследований, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Ekaterina P. Lysova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Climate Engineering and Alternative Energy Installations at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), katerina.lysova0803@gmail.com

Oksana N. Paramonova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Climate Engineering and Alternative Energy Installations at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), paramonova_oh@mail.ru

Claimed Contributorship:

EP Lysov: formation of the basic concept, analysis of the research results, correction of the conclusions, graphic design, revision of the manuscript.

ON Paramonova: goals and objectives of the research, analysis of the research results, correction of the conclusions.

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 28.01.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 12.02.2025

Принята к публикации / Accepted 26.02.2025