

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 131–139.

Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 131–139.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 697.347:69.059.25

DOI: 10.22337/2077-9038-2025-3-131-139

Методика планового повышения качества отопления городов на основании критериальной оценки данных тепловых вводов

Аверьянов Владимир Константинович (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, член-корреспондент РААСН. Научно-исследовательский и проектный институт ПАО «Газпром» (197229, Санкт-Петербург, Лахтинский пр-кт, 2, кор. 3, стр. 1. Газпром промгаз). Эл. почта: avk2271216@yandex.ru

Пташкин Павел Александрович (Санкт-Петербург). Научно-исследовательский и проектный институт ПАО «Газпром» (197229, Санкт-Петербург, Лахтинский пр-кт, 2, кор. 3, стр. 1. Газпром промгаз). Эл. почта: P.Ptashkin@spb.promgaz.gazprom.ru

Дерговица Александр Сергеевич (Санкт-Петербург). Научно-исследовательский и проектный институт ПАО «Газпром» (197229, Санкт-Петербург, Лахтинский пр-кт, 2, кор. 3, стр. 1). Эл. почта: A.Dergovitsa@spb.promgaz.gazprom.ru

Кравченко Дмитрий Павлович (Санкт-Петербург). Научно-исследовательский и проектный институт ПАО «Газпром» (197229, Санкт-Петербург, Лахтинский пр-кт, 2, кор. 3, стр. 1. Газпром промгаз). Эл. почта: DP.Kravchenko@spb.promgaz.gazprom.ru

Горшков Александр Сергеевич (Санкт-Петербург). Доктор технических наук. Научно-исследовательский и проектный институт ПАО «Газпром» (197229, Санкт-Петербург, Лахтинский пр-кт, 2, кор. 3, стр. 1. Газпром промгаз). Эл. почта: AS.Gorshkov@spb.promgaz.gazprom.ru

Аннотация. Существующие методы обследования и оценки технического состояния трубопроводов и отопительных приборов в зданиях основаны на визуальных признаках физического износа систем отопления. Более детальные методы обследования трудоёмки по исполнению и не позволяют объективно установить приоритетность проведения капитальных ремонтов систем отопления при выделяемых на эти нужды финансовых средствах. В статье обосновывается более оперативный и менее затратный способ поэтапной оценки технического состояния систем отопления зданий. Предлагаемый метод основан на анализе доступных в настоящее время данных общедомовых приборов учёта тепловой энергии. Для этого авторами вводится коэффициент полезного использования тепловой энергии в системах отопления $k_{п.и.}$. Предложенный коэффициент представляет собой отношение использованного теплоперепада к температуре в подающем трубопроводе системы отопления. В работе показан пример определения коэффициента полезного использования тепловой энергии до и после проведения капитального ремонта внутридомовой системы отопления многоквартирного дома. Анализ данных приборного учёта тепловой энергии позволяет выявить здания с наиболее низкими значениями предлагаемого коэффициента. Подобные здания становятся основными кандидатами на проведение детального инструментального обследования внутридомовых систем отопления, а при наличии признаков физического износа, на выполнение их капитального ремонта. Предложенный алгоритм действий, при его внедрении, позволяет достигнуть наибольшего эффекта по энергосбережению и повышению качества теплоснабжения в городах при выделяемых объёмах финансирования.

Ключевые слова: здание, система отопления, учёт тепловой энергии, техническое состояние, обследование, наладка, капитальный ремонт

Для цитирования. Аверьянов В.К., Пташкин П.А., Дерговица А.С., Кравченко Д.П., Горшков А.С. Методика планового повышения качества отопления городов на основании критериальной оценки данных тепловых вводов // Academia. Архитектура и строительство. – 2025. – № 3. – С. 131–139. – DOI: 10.22337/2077-9038-2025-3-131-139.

© Аверьянов В.К., Пташкин П.А., Дерговица А.С., Кравченко Д.П., Горшков А.С., 2025.

Methodology for Planned Improvement of the Quality of Heating in Cities Based on Criteria-Based Assessment of Heat Input Data

Aver'yanov Vladimir K. (Saint Petersburg). Doctor of Sciences in Technology, Corresponding Member of RAACS. Research and Design Institute of PJSC Gazprom (2/3 Lakhtinsky Avenue, Building 1, 197229 St. Petersburg. Gazprom Promgaz). E-mail: avk2271216@yandex.ru

Ptashkin Pavel A. (Saint Petersburg). Research and Design Institute of PJSC Gazprom (2/3 Lakhtinsky Avenue, Building 1, 197229 St. Petersburg. Gazprom Promgaz). E-mail: P.Ptashkin@spb.promgaz.gazprom.ru

Dergovitsa Aleksandr S. (Saint Petersburg). Research and Design Institute of PJSC Gazprom (2/3 Lakhtinsky Avenue, Building 1, 197229 St. Petersburg. Gazprom Promgaz). E-mail: A.Dergovitsa@spb.promgaz.gazprom.ru

Kravchenko Dmitrii P. (Saint Petersburg). Research and Design Institute of PJSC Gazprom (2/3 Lakhtinsky Avenue, Building 1, 197229 St. Petersburg. Gazprom Promgaz). E-mail: DP.Kravchenko@spb.promgaz.gazprom.ru

Gorshkov Aleksandr S. (Saint Petersburg). Doctor of Sciences in Technology. Research and Design Institute of PJSC Gazprom (2/3 Lakhtinsky Avenue, Building 1, 197229 St. Petersburg. Gazprom Promgaz). E-mail: AS.Gorshkov@spb.promgaz.gazprom.ru

Abstract. The existing methods of survey and assessment of the technical condition of pipelines and heating devices in buildings are based on visual signs of physical wear of heating systems. More detailed survey methods are labor-intensive to implement and do not allow to objectively establish the priority of major repairs of heating systems with the funds allocated for these needs. The article substantiates a more efficient and less expensive method of step-by-step assessment of the technical condition of building heating systems. The proposed method is based on the analysis of currently available data from common house heat metering devices. For this purpose, the authors introduce the coefficient of efficient use of heat in heating systems $k_{p.i.}$. The proposed coefficient is the ratio of the used heat drop to the temperature in the supply pipeline of the heating system. The paper shows an example of determining the coefficient of efficient use of heat energy before and after major repairs of the in-house heating system of an apartment building. Analysis of heat metering data allows us to identify buildings with the lowest values of the proposed coefficient. Such buildings become the main candidates for detailed instrumental inspection of in-house heating systems, and if there are signs of physical wear, for their major repairs. The proposed algorithm of actions, when implemented, allows achieving the greatest effect on energy saving and improving the quality of heat supply in cities with the allocated funding.

Keywords: building, heating system, heat energy metering, technical condition, inspection, adjustment, major repairs

For citation. Aver'yanov V.K., Ptashkin P.A., Dergovitsa A.S., Kravchenko D.P., Gorshkov A.S. Methodology for Planned Improvement of the Quality of Heating in Cities Based on Criteria-Based Assessment of Heat Input Data. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2025, no. 3, pp. 131–139, doi: 10.22337/2077-9038-2025-3-131-139.

Введение

Вопросам обследования и оценки технического состояния конструктивных элементов зданий посвящено достаточно большое количество исследований, среди которых можно выделить следующие [1–20]. В гораздо меньшей степени в литературе рассмотрены вопросы обследования и оценки технического состояния инженерных систем [21–23].

В ГОСТ 31937¹ обследованию систем инженерно-технического обеспечения посвящён подраздел 5.4, обследованию технического состояния систем отопления – 5.4.2. В соответствии с требованиями данного нормативного документа должны быть выявлены повреждения, неисправности и дефекты, а именно:

- поражение коррозией и свищи трубопроводов, стояков, подводок и отопительных приборов;
- коррозионные поражения монолитных трубопроводов;
- следы ремонтов (хомуты, заплатки, заварки и т.п.), – и проведены инструментальные измерения:
- температуры наружного воздуха (в районе здания);
- температур воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети;
- температур воды в подающем и обратном трубопроводах системы отопления;

¹ ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» (<https://docs.cntd.ru/document/1305691614>).

– температур на поверхности отопительных стояков у верхнего и нижнего их оснований (на всех стояках), отопительных приборов (в помещениях-представителях), подающих и обратных подводок к отопительным приборам (в помещениях-представителях);

– температуры воздуха в отапливаемых помещениях (в помещениях-представителях);

– уклонов разводящих трубопроводов; давления в подающем и обратном трубопроводе как тепловой сети, так и системы отопления.

На основании результатов обследования устанавливается степень соответствия системы отопления требованиям СП 60.13330².

В СП 60.13330 (см. п. 4.2) указано, что системы отопления должны предусматривать технические решения, обеспечивающие требуемые параметры микроклимата согласно ГОСТ 30494³, взрыво- и пожаробезопасность системы, допустимые уровни шума и вибраций в зданиях при работе оборудования, требуемое качество воздуха, повышение энергетической эффективности, сокращение расхода невозобновляемых природных ресурсов при строительстве и эксплуатации, доступность и ремонтпригодность.

Согласно требованиям 5.1 СП 60.13330 параметры микроклимата помещений (кроме помещений, для которых они установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 30494, ГОСТ 12.1.005⁴, и СанПиН 2.2.4.548⁵ для обеспечения температуры воздуха, результирующей температуры помещения, относительной влажности воздуха и скорости движения воздуха в пределах указанных параметров в обслуживаемой или рабочей зонах помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах).

Таким образом, основная задача системы отопления заключается в обеспечении нормативных параметров микроклимата. Все остальные показатели, приведённые в п. 5.4.2.1 СП 60.13330 являются зависимыми и могут быть предназначены для установления соответствия между фактическими и проектными (договорными) параметрами. При этом в проекте, как правило, указываются показатели (температуры сетевой воды и горячей воды в системе отопления) в расчётных условиях, то есть при установлении расчётной температуры наружного воздуха (в Москве, например, –25 °С). Такие значения температур наружного воздуха в настоящее время достигаются крайне редко [24–30]. В этой связи при обследовании зданий единственное соответствие фактических и нормативных показателей может быть установлено только в отношении температуры внутреннего воздуха.

² СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (<https://docs.cntd.ru/document/573697256>).

³ ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (<https://docs.cntd.ru/document/1200095053>).

⁴ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (<https://docs.cntd.ru/document/1200003608>).

⁵ СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (<https://docs.cntd.ru/document/901704046>).

Описанное выше обстоятельство выявляет один из недостатков предлагаемого в ГОСТ 31937 подхода к определению технического состояния систем инженерного обеспечения зданий, в частности, систем отопления.

Другим важным недостатком подобного подхода является акцент на визуальных признаках физического износа системы отопления – коррозионных повреждениях, которые при визуальном осмотре могут быть выявлены только на наружных поверхностях элементов системы отопления (трубопроводах, стояках, подводках и отопительных приборах) и следах выполненных ранее ремонтов (хомутах, заплатах и т.п.).

При детальном обследовании системы отопления требуется выполнить оценку коррозионного состояния трубопроводов и нагревательных приборов. Для этого из элементов системы следует отобрать образцы и определить по ним максимальную глубину коррозионного поражения стенки металла и значение сужения «живого» сечения каждого образца. При этом число стояков, из которых отбирают образцы, должно быть не менее трёх. Также не менее трёх должно быть число подводок, из которых отбирают образцы. При этом испытываемые таким образом подводки должны идти от стояков в разных секциях и к разным отопительным приборам. Следовательно, такие работы могут быть выполнены только в межотопительный период. Для этого нужно получить согласие жителей и согласовать его с управляющей компанией.

Такой подход вполне допустим. Но он трудоёмок и не может применяться массово для выбора отопительных систем для ремонта. В рамках настоящего исследования предлагается менее затратный способ оценки технического состояния системы отопления, основанный на анализе данных общедомовых приборов учёта тепловой энергии, который может быть автоматизирован и иерархизирован по результатам статистического анализа полученных при обработке показаний приборов учёта данных.

Результаты исследования

Для первичной оценки состояния внутридомовой системы отопления и горячего водоснабжения можно использовать более доступный и простой показатель – коэффициент полезного использования поставляемой тепловой энергии, основанный (несколько в ином виде) на многолетнем опыте теплоснабжающих организаций контроля температур теплоносителя и нарушения температурных параметров обратной воды.

Данный коэффициент представляет собой отношение использованного теплотеперепада к температуре подачи:

$$k_{\text{п.и.}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (1)$$

где T_1 – температура воды в подающем трубопроводе, °С; T_2 – температура воды в обратном трубопроводе, °С.

Для внутридомовой системы отопления с температурным графиком 150/70 коэффициент составляет 0,53:

$$k_{\text{п.и.}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{150 - 70}{150} = 0,53.$$

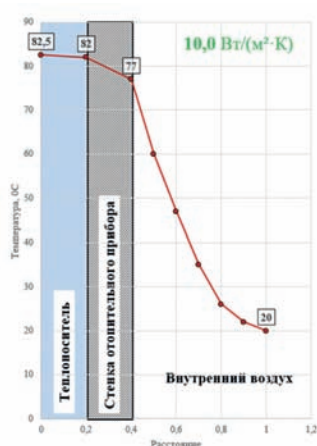


Рис. 1⁶. Теплопередача нормального отопительного прибора – $10,0 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

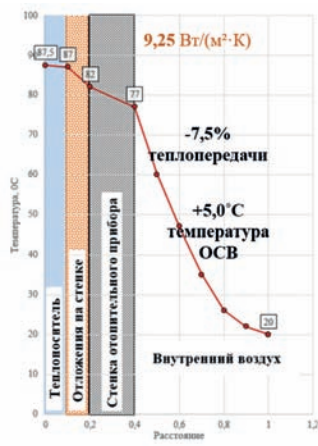


Рис. 2. Теплопередача отопительного прибора с зарастанием внутренней стенки – $9,25 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

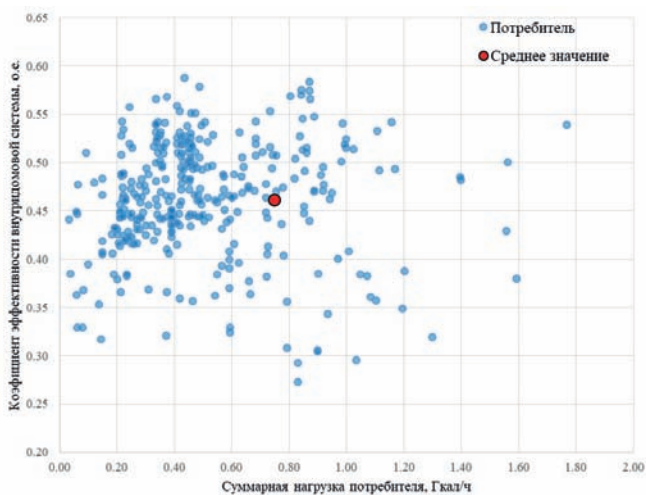


Рис. 3. Распределение коэффициента эффективности внутридомовой системы в зависимости от суммарной тепловой нагрузки потребителя

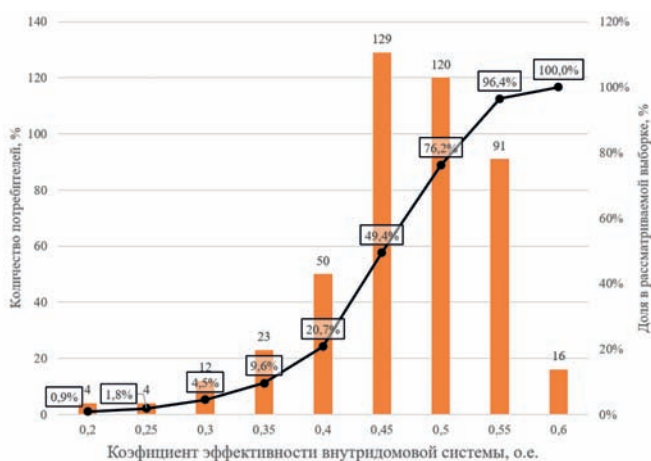


Рис. 4. Распределение потребителей по значению коэффициента эффективности внутридомовой системы

Причинами повышения температуры обратной сетевой воды во внутридомовой системе теплоснабжения и горячего водоснабжения при расчётном расходе могут выступать различные факторы, среди которых следует выделить следующие основные: зарастание внутренней поверхности отопительных приборов (рис. 1, 2), недостаточная поверхность отопительных приборов и теплообменников отопления и горячего водоснабжения (для закрытой схемы), разбалансировка внутридомовой системы отопления и прочие факторы, установление которых по данным приборов учёта является самостоятельной задачей [31].

Для оценки применимости предлагаемого коэффициента выполнен анализ показаний общедомовых приборов учёта тепловой энергии, установленных у абонентов, расположенных в Калининском и Красногвардейском районах Санкт-Петербурга.

Всего обработаны показания общедомовых приборов учёта тепловой энергии у 810 потребителей.

Оценка выполнена в следующей последовательности:

- 1) для каждого абонента определены среднесуточные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах (за период с 01.10.2022 по 31.03.2023);
- 2) для каждого абонента по формуле (1) рассчитан коэффициент полезного использования тепловой энергии $k_{п.и.}$;
- 3) для всего массива потребителей вычислен средний коэффициент полезного использования тепловой энергии $\bar{k}_{п.и.}$;
- 4) из выборки исключены потребители с недостоверными показаниями приборов учёта или ввиду отсутствия данных, а также потребители, подключенные через ЦТП или имеющие проектный температурный график регулирования, отличный от 150/70 °C.

На рисунке 3 представлено распределение коэффициента эффективности внутридомовой системы в зависимости от суммарной тепловой нагрузки. Суммарная выборка потребителей составила порядка 350 объектов.

Среднее для выборки значение коэффициента $k_{п.и.}$ составило 0,46 при средней тепловой нагрузке всех абонентов 0,747 Гкал/ч. Как видно из рисунка 3, коэффициент эффективности внутридомовой системы не имеет явной зависимости от нагрузки потребителя, что позволяет сравнивать по данному параметру потребителей с различной нагрузкой.

Распределение потребителей по значению коэффициента эффективности внутридомовой системы представлено на рисунке 4.

Видно, что у примерно половины потребителей (49,4 %) значение коэффициента $k_{п.и.}$ не превышает 0,45, у 9,6 % потребителей составляет менее 0,35, у 3,6 % – более 0,6.

Коэффициент эффективности внутридомовых систем отопления целесообразно применять в качестве одного из

⁶ Все рисунки выполнены авторами статьи.

Таблица 1. Коэффициенты эффективности внутридомовой системы отопления потребителей до и после проведения ее капитального ремонта

Тип объекта	Коэффициента эффективности внутридомовой системы		
	До капитального ремонта	После капитального ремонта	Изменение (+)/(-)
МКД	0,48	0,59	+22,9%

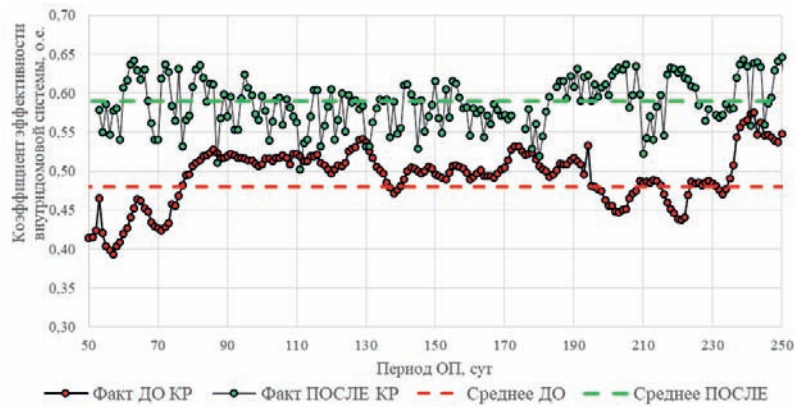


Рис. 5. Суточные изменения коэффициента эффективности внутридомовой системы отопления потребителя до (ОП 2022/23 гг.) и после проведения капитального ремонта (ОП 2024/25 гг.)

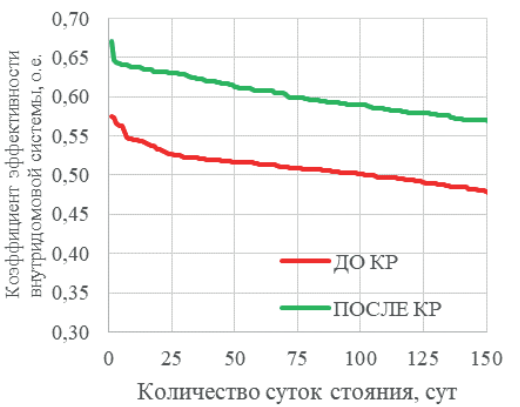


Рис. 6. Соотношения коэффициента эффективности внутридомовой системы отопления МКД до и после проведения капитального ремонта

критериев, определяющих приоритетность проведения капитальных ремонтов (КР) внутридомовых систем. В первую очередь капитальный ремонт внутридомовых систем требуется для объектов имеющих коэффициент 0,2–0,4 о.е. Выполнение капитального ремонта в соответствии с проектным температурным графиком позволяет ожидать увеличения коэффициента $k_{п.н.}$ до проектных 0,53. Таким образом, предлагаемый подход позволяет осуществлять планирование ремонтов систем отопления городов с большей эффективностью при выделенных для этих целей средствах.

Обследование технического состояния систем отопления по ГОСТ 31937 предлагается осуществлять вторым этапом – после выбора адресных объектов по выше рассмотренному критерию и проверки их на соответствие расчётным значениям теплогидравлического режима в соответствии с подходами, изложенными в работах [31; 32].

В связи с невозможностью проведения натурного эксперимента в работе выполнена наблюдательная проверка влияния капитального ремонта (КР) внутридомовых систем отопления на коэффициент эффективности.

Для оценки изменения коэффициента полезного использования тепловой энергии, проанализированы данные с прибора учёта тепловой энергии МКД, в котором 16.09.2024 закончен капитальный ремонт внутридомовой системы отопления.

На рисунках 5–6 и в таблице 1 представлено влияние капитального ремонта на коэффициент эффективности внутридомовой системы отопления рассматриваемого потребителя. В результате капитального ремонта коэффициент эффективности увеличился с 0,48 до 0,59.

Выводы

На основании выполненного исследования могут быть сформулированы следующие выводы:

- Существующие методы обследования систем отопления и горячего водоснабжения не позволяют в должной мере определять приоритетность ремонтов систем отопления зданий из условий достижения наибольшей эффективности при установленных объёмах финансирования.
- Предложен метод оценки эффективности отопительных систем многоквартирных зданий, определения приоритета в наладке и ремонте, основанный на анализе доступных в настоящее время данных общедомовых приборов учёта тепловой энергии.

Список источников

1. Соколов, В.А. Оценка технического состояния и физического износа строительных конструкций с использованием вероятностных методов технической диагностики / В.А. Соколов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 1 (661). – С. 94–100.

2. Соколов, В.А. Оценка технического состояния строительных конструкций зданий на основе многоуровневого вероятностного анализа / В.А. Соколов. – Текст : электронный // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7 (25). – С. 45–51. – URL: <https://engstroy.spbstu.ru/article/2010.16.6/> (дата обращения 28.07.2025).

3. Головина, Н.В. Сравнительный анализ нелинейных моделей прогнозирования остаточного ресурса и работо-

способности конструктивных элементов жилых зданий / Н.В. Головина, Г.Д. Шмелёв. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2016. – № 5. – С. 10–17.

4. Шмелёв, Г.Д. Прогнозирование надёжности и остаточного ресурса строительных конструкций с использованием метода линеаризации в условиях ограниченной статистической информации / Г.Д. Шмелёв, Н.В. Головина. – Текст : непосредственный // SWorld : Сборник научных трудов. – 2012. – Т. 6, № 4. – С. 100–107.

5. Козлов, В.А. Обоснование интервального метода прогнозирования и оценки остаточного ресурса строительных конструкций зданий и инженерных сооружений / В.А. Козлов, Г.Д. Шмелёв. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 4(32). – С. 11–18.

6. Шмелёв, Г.Д. Параметрические методы прогнозирования остаточных сроков службы железобетонных строительных конструкций / Г.Д. Шмелёв, И.В. Николайчев. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2013. – № 7. – С. 167–175.

7. Гаврильев, И.М. Модифицированная методика расчёта остаточного ресурса с использованием экспоненциального распределения / И.М. Гаврильев, Д.И. Корольков, М.В. Гравит. – Текст : электронный // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 1–14.

8. Мищенко, В.Я. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций / В.Я. Мищенко, П.А. Головинский, Д.А. Драпалюк. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2009. – № 4 (16). – С. 111–117.

9. Евтушенко, С.И. К вопросу об остаточном ресурсе длительно эксплуатируемых мостов через водопроводящие каналы / С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная, Т.А. Крахмальный. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – № 35 (54). – С. 166–170.

10. Лагунская, Е.В. Расчёт остаточного ресурса объекта экспертизы здания / Е.В. Лагунская. – Текст : непосредственный // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности : Материалы V Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 23 марта 2022 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский институт природопользования, промышленной безопасности и охраны окружающей среды, 2022. – С. 24–30.

11. Корниенко, С.В. Теплотехнические риски при решении задач сохранения каменных стен памятников архитектуры / С.В. Корниенко, Р.А. Горшков. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2024. – № 3. – С. 38–41.

12. Горшков, Р.А. Системный анализ причин повреждения лицевого керамического кирпича / Р.А. Горшков, А.Р. Райцева, И.А. Войлоков. – DOI 10.46418/2619–0729_2022_2_19. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2022. – № 2. – С. 106–114.

13. Горшков, Р.А. Влияние климата и наружной штукатурки на влажностный режим каменных стен / Р.А. Горшков, С.В. Корниенко. – DOI 10.22227/1997–0935.2024.6.971–981. – Текст : электронный // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 6. – С. 971–981. – URL: <https://www.vestnikmgisu.ru/jour/article/view/293/141> (дата обращения 28.07.2025).

14. Васильев, А.А. Современные методы технической оценки строительных конструкций : Учебное пособие / А.А. Васильев. – Текст : непосредственный. – Гомель : Белорусский государственный университет транспорта, 2023. – 326 с.

15. Леденев, В.И. Физико-технические основы эксплуатации кирпичных стен : учебное пособие / В.И. Леденев, И.В. Матвеева, П.В. Монастырев [и др.]. – Текст : непосредственный. – Москва : АСВ, 2008.

16. Шмелёв, Г.Д. Экспертный метод прогнозирования остаточного срока службы строительных конструкций по их физическому износу / Г.Д. Шмелёв. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 3(53). – С. 31–39.

17. Причины и механизмы повреждения штукатурного покрытия фасадов исторических каменных зданий / Р.Б. Орлович, А.С. Горшков, Н.Н. Шангина, А.М. Харитонов. – DOI 10.35211/19943520_2023_2_59. – Текст : электронный // Социология города. – 2023. – № 2. – С. 59–77. – URL: <https://urbansocio.com/index.php/urbansocio/article/view/43/37> (дата обращения 28.07.2025).

18. Горшков, А.С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний / А.С. Горшков. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2009. – № 8. – С. 12–17.

19. Горшков, А.С. Модель физического износа строительных конструкций / А.С. Горшков. – Текст : электронный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 12(191). – С. 34–37. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22806664_53964211.pdf (дата обращения 28.07.2025).

20. Горшков, А.С. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надёжности / А.С. Горшков, Д. Ю. Попов, А. В. Глумов. – Текст : электронный // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 8(18). – С. 5–8. – URL: [https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2010/8\(18\)/gorshkov_ventfasad.pdf](https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2010/8(18)/gorshkov_ventfasad.pdf) (дата обращения 28.07.2025).

21. Середкин, А.А. Методика и критерий оценки энергоэффективности систем теплоснабжения / А.А. Середкин. – Текст : электронный // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 27–35. DOI: 10.18721/JEST.230103. – URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/>

metodika-i-kriteriy-otsenki-energoeffektivnosti-sistem-teplosnabzheniya.pdf (дата обращения 28.07.2025).

22. Model of Damage Accumulation in Heat Networks / A. Gorshkov, G. Vasilyev, M. Popov, P. Rymkevich. – DOI 10.1088/1742-6596/1311/1/012032. – Текст : электронный // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1311. – P. 012032. – URL: <https://clck.ru/3NLnTx> (дата обращения 28.07.2025).

23. Горшков, А.С. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надёжности энергоснабжения / А.С. Горшков, П.П. Рымкевич. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2019. – № 5. – С. 62–72.

24. Gorshkov, A.S. Climate Change and the Thermal Island Effect in the Million-Plus City / A.S. Gorshkov, N.I. Vatin, P.P. Rymkevich. – DOI 10.18720/CUBS.89.2. – Текст : электронный // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2020. – № 4 (89). – P. 8902. – URL: <https://clck.ru/3NLnzq> (дата обращения 28.07.2025).

25. Klimenko, V.V. Vulnerability of the Russian power industry to the climate change / V.V. Klimenko, E.V. Fedotova, A.G. Tereshin. – DOI 10.1016/j.energy.2017.10.069. – Текст : электронный // Energy. – 2018. – Vol. 142. – P. 1010–1022. – URL: https://www.researchgate.net/publication/320515768_Vulnerability_of_the_Russian_power_industry_to_the_climate_change (дата обращения 28.07.2025).

26. Korniyenko, S.V. Generation, Development and Mitigation of the Urban Heat Island : A Review / S.V. Korniyenko, E.A. Dikareva. – Текст : электронный // AlfaBuild. – 2021. – № 1 (16). – P. 1605. – DOI 10.34910/ALF.16.5. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46552029_28000771.pdf (дата обращения 28.07.2025).

27. Korniyenko, S.V. Optical Remote Sensing for Urban Heat Islands Identification / S.V. Korniyenko, E.A. Dikareva. – DOI 10.4123/CUBS.104.4. – Текст : электронный // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2022. – № 6 (104). – P. 10404. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50423932_70777413.pdf (дата обращения 28.07.2025).

28. Корниенко, С.В. Влияние планировочных элементов на температурный режим урбанизированных территорий / С.В. Корниенко, Е.А. Дикарева. – DOI 10.35211/18154360_2024_3_147. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2024. – № 3 (96). – С. 147–156.

29. Корниенко, С.В. Анализ городского теплового острова средствами имитационного моделирования микроклимата / С.В. Корниенко, Е.А. Дикарева. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2023. – № 1. – С. 26–35.

30. Горшков, А.С. Влияние антропогенных факторов на тепловое загрязнение городской среды / А.С. Горшков, Н.И. Ватин, П.П. Рымкевич. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2020. – № 7. – С. 46–51.

31. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / С.А. Чистович, В.К. Аверьянов, Ю.Я. Темпель,

С.И. Быков – Ленинград : Стройиздат, 1987. – 247с. – Текст : непосредственный.

32. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1988. – 432 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Sokolov V.A. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya i fizicheskogo iznosa stroitel'nykh konstruksii s ispol'zovaniem veroyatnostnykh metodov tekhnicheskoi diagnostiki [Technical Condition Assessment and Physical Deterioration Construction Using Probabilistic Methods of Technical Diagnostics]. In: *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 2014, no. 1 (661), pp. 94–100. (In Russ., abstr. in Engl.)

2. Sokolov V.A. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruksii zdaniy na osnove mnogourovnevnogo veroyatnostnogo analiza [Building Systems Technical Condition Assessment Based on the Multilevel Probabilistic Analysis]. In: *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 7 (25), pp. 45–51. (In Russ., abstr. in Engl.)

3. Golovina N.V., Shmelev G.D. Sravnitel'nyi analiz nelineinykh modelei prognozirovaniya ostatochnogo resursa i rabotosposobnosti konstruktivnykh elementov zhilykh zdaniy [Comparative Analysis of Nonlinear Models for Predicting Residual Operating Life and Operability of the Structural Elements of Residential Buildings]. In: *Vestnik MGSU*, 2016, no. 5, pp. 10–17. (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Shmelev G.D., Golovina N.V. Prognozirovanie nadezhnosti i ostatochnogo resursa stroitel'nykh konstruksii s ispol'zovaniem metoda linearizatsii v usloviyakh ogranichennoi statisticheskoi informatsii [Forecasting the Reliability and Residual Life of Building Structures Using the Linearization Method under Conditions of Limited Statistical Information]. In: *SWorld, Collection of scientific papers*, 2012, Vol. 6, no. 4, pp. 100–107. (In Russ.)

5. Kozlov V.A., Shmelev G.D. Obosnovanie interval'nogo metoda prognozirovaniya i otsenki ostatochnogo resursa stroitel'nykh konstruksii zdaniy i inzhenernykh sooruzhenii [Justification of the Interval Method of Forecasting Residual Life of Building and Engineering Structures]. In: *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Scientific Herald of The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture], 2013, no. 4 (32), pp. 11–18. (In Russ., abstr. in Engl.)

6. Shmelev G.D., Nikolaichev I.V. Parametricheskie metody prognozirovaniya ostatochnykh srokov sluzhby zhelezobetonnykh stroitel'nykh konstruksii [Parametric Methods of Predicting the Residual Life Reinforced Concretes Designs Construction]. In: *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*.

Seriya: Fiziko-khimicheskie problemy i vysokie tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya [Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and Chemical Problems and High Technologies of Building Materials Science], 2013, no. 7, pp. 167–175. (In Russ.)

7. Gavrilov I.M., Korolkov D.I., Gravit M.V. Modified Method for Calculating Residual Resource Using Exponential Distribution. In: *The Eurasian Scientific Journal*, 2019, no. 2 (11). URL: <https://esj.today/PDF/49SAVN219.pdf> (Accessed 07/28/2025). (In Russ.)

8. Mishchenko V.Ya., Golovinskii P.A., Drapalyuk D.A. Prognozirovaniye tempov iznosa zhilogo fonda na osnove monitoringa defektov stroitel'nykh konstruksii [Prognostication the Wear of the Living Fund Based on Monitoring of Defect of Building Structures]. In: *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura [Scientific Herald of The Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture]*, 2009, no. 4 (16), pp. 111–117. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Evtushenko S.I., Krakhmal'naya M.P., Krakhmal'nyi T.A. K voprosu ob ostatochnom resurse dlitel'no ekspluatiruemyykh mostov cherez vodoprovodyashchie kanaly [To the Issue of Residual Operation Life of Long Operated Bridges over Water Supply Canals]. In: *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [The Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. The Construction and Architecture series]*, 2014, no. 35 (54), pp. 166–170. (In Russ., abstr. in Engl.)

10. Lagunskaya E.V. Raschet ostatochnogo resursa ob"ekta ekspertizy zdaniya [Calculation of the Static Resource of the Building Examination Object]. In: *Teoreticheskie i prikladnye voprosy kompleksnoi bezopasnosti [Theoretical and Applied Issues of Integrated Security]*, Proceedings of the V International scientific and practical conference, St. Petersburg, March 23, 2022. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskii institut prirodopol'zovaniya, promyshlennoi bezopasnosti i okhrany okruzhayushchei sredy [St. Petersburg Institute of Nature Management, Industrial Safety and Environmental Protection], 2022, pp. 24–30. (In Russ.)

11. Kornienko S.V., Gorshkov R.A. Teplotekhnicheskie riski pri reshenii zadach sokhraneniya kamennykh sten pamyatnikov arkhitektury [Thermal Engineering Risks of Stone Walls of Architecture Monuments]. In: *Energobezopasnost [Energy Conservation journal]*, 2024, no. 3, pp. 38–41. (In Russ., abstr. in Engl.)

12. Gorshkov R.A., Raitseva A.R., Voilokov I.A. Sistemnyi analiz prichin povrezhdeniya litsevoogo keramicheskogo kirpicha [System Analysis of the Causes of Damage to the Facing Ceramic Brick]. In: *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizaina. Seriya 4: Promyshlennyye tekhnologii [Vestnik Saint Petersburg State University of*

Technology and Design. Series 4. Industrial Technologies], 2022, no. 2, pp. 106–114. DOI 10.46418/2619–0729_2022_2_19. URL: <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/293/141> (In Russ., abstr. in Engl.)

13. Gorshkov R.A., Kornienko S.V. Vliyanie klimata i naruzhnoi shtukaturki na vlazhnostnyi rezhim kamennykh sten [Influence of climate and external plaster on the humidity conditions of masonry walls]. In: *Vestnik MGSU*, 2024, Vol. 19, no. 6, pp. 971–981. DOI 10.22227/1997–0935.2024.6.971–981. URL: <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/293/141> (Accessed 07/28/2025). (In Russ., abstr. in Engl.)

14. Vasil'ev A.A. Sovremennyye metody tekhnicheskoi otsenki stroitel'nykh konstruksii [Modern methods of technical construction of structures], A textbook. Gomel', Belorusskii gosudarstvennyi universitet transporta" [Belarusian State University of Transport] Publ., 2023, 326 p. (In Russ.)

15. Ledenev V.I., Matveeva I.V., Monastyrev P.V. [et al.]. Fiziko-tekhnicheskie osnovy ekspluatatsii kirpichnykh sten [Physical and Technical Principles of Operation of Brick Walls], A textbook. Moscow ASV Publ., 2008. (In Russ.)

16. Shmelev G.D. Ekspertnyi metod prognozirovaniya ostatochnogo sroka sluzhby stroitel'nykh konstruksii po ikh fizicheskomu iznosu [Expert Method of Predicting the Residual Life Building Structures of Their Physical Deterioration]. In: *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Building and Reconstruction]*, 2014, no. 3 (53), pp. 31–39. (In Russ., abstr. in Engl.)

17. Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Shangina N.N., Kharitonov A.M. Prichiny i mekhanizmy povrezhdeniya shtukaturnogo pokrytiya fasadov istoricheskikh kamennykh zdaniy [Causes and Mechanisms of Damage to Facades Plaster Facing of the Historical Stone Buildings]. In: *Sotsiologiya goroda [Sociology of the City]*, 2023, no. 2, pp. 59–77. DOI 10.35211/19943520_2023_2_59. URL: <https://urbansocio.com/index.php/urbansocio/article/view/43/37> (Accessed 07/28/2025). (In Russ., abstr. in Engl.)

18. Gorshkov A.S. Otsenka dolgovechnosti stenovoi konstruksii na osnovanii laboratornykh i naturnykh ispytaniy [Assessment of the Durability of a Wall Structure Based on Laboratory and Field Tests]. In: *Stroitel'nye materialy [Construction Materials]*, 2009, no. 8, pp. 12–17. (In Russ.)

19. Gorshkov, A. S. Model' fizicheskogo iznosa stroitel'nykh konstruksii [Physical Deterioration Model of Building Structures]. In: *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction Materials, Equipment, Technologies of the XXI Century]*, 2014, no. 12 (191), pp. 34–37. (In Russ., abstr. in Engl.)

20. Gorshkov A.S., Popov D.Yu., Glumov A.V. Konstruktivnoe ispolnenie ventiliruemogo fasada povyshennoi nadezhnosti [Structural Execution of a Ventilated Facade of High Reliability]. In: *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal [Magazine of Civil Engineering]*, 2010, no. 8 (18), pp. 5–8. URL: [https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2010/8\(18\)/gorshkov_ventfasad.pdf](https://engstroy.spbstu.ru/userfiles/files/2010/8(18)/gorshkov_ventfasad.pdf) (Accessed 07/28/2025). (In Russ.)

21. Seredkin A.A. Metodika i kriterii otsenki energoeffektivnosti sistem teplosnabzheniya [Procedure and

Criterion for Energy Efficiency Assessment of Heat Supply Systems]. In: *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU* [St. Petersburg Polytechnic University Journal], 2017, Vol. 23, no. 1, pp. 27–35. DOI: 10.18721/JEST.230103. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/metodika-i-kriteriy-otsenki-energoeffektivnosti-sistem-teplosnabzheniya.pdf> (Accessed 07/28/2025). (In Russ., abstr. in Engl.)

22. Gorshkov A., Vasilyev G., Popov M. [et al.] Model of Damage Accumulation in Heat Networks. In: *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, Vol. 1311, p. 012032. DOI 10.1088/1742-6596/1311/1/012032. URL: <https://clck.ru/3NLnTx> (Accessed 07/28/2025). (In Engl.)

23. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P. Iznos i povrezhdenie teplovykh setei. Reshenie problemy kachestva i nadezhnosti energosnabzheniya [Model of Accumulation of Damages in Heating Networks as a Stimulus for Primary Energy Conservation]. In: *Energoberezhenie* [Energy Conservation journal] 2019, no. 5, pp. 62–72. (In Russ., abstr. in Engl.)

24. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P. Climate Change and the Thermal Island Effect in the Million-Plus City. In: *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2020, no. 4 (89), p. 8902. DOI 10.18720/CUBS.89.2. URL: <https://clck.ru/3NLnzq> (Accessed 07/28/2025). (In Engl.)

25. Klimenko V.V., Fedotova E.V., Tereshin A.G. Vulnerability of the Russian Power Industry to the Climate Change. In: *Energy*, 2018, Vol. 142, pp. 1010–1022. DOI 10.1016/j.energy.2017.10.069. URL: https://www.researchgate.net/publication/320515768_Vulnerability_of_the_Russian_power_industry_to_the_climate_change (Accessed 07/28/2025). (In Engl.)

26. Korniyenko S.V., Dikareva E.A. Generation, Development and Mitigation of the Urban Heat Island : A Review. In: *AlfaBuild*, 2021, no. 1 (16), p. 1605. DOI 10.34910/ALF.16.5. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46552029_28000771.pdf (Accessed 07/28/2025). (In Engl.)

27. Korniyenko S.V., Dikareva E.A. Optical Remote Sensing for Urban Heat Islands Identification. In: *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2022, no. 6 (104), p. 10404. DOI 10.4123/CUBS.104.4. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50423932_70777413.pdf (Accessed 07/28/2025). (In Engl.)

28. Korniyenko S.V., Dikareva E.A. Vliyanie planirovochnykh elementov na temperaturnyi rezhim urbanizirovannykh territorii [The Impact of Planning Elements on the Temperature Conditions of Urbanized Areas]. In: *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [The Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. The Construction and Architecture series], 2024, no. 3 (96), pp. 147–156. DOI 10.35211/18154360_2024_3_147. (In Russ., abstr. in Engl.)

29. Korniyenko S.V., Dikareva E.A. Analiz gorodskogo teplovogo ostrova sredstvami imitatsionnogo modelirovaniya mikroklimata [Analysis of city heat island with microclimate simulation modeling tools]. In: *Energoberezhenie* [Energy Conservation Journal], 2023, no. 1, pp. 26–35. (In Russ., abstr. in Engl.)

30. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P. Vliyanie antropogennykh faktorov na teplovoe zagryaznenie gorodskoi sredy [Impact of anthropogenic factors on thermal pollution of the urban environment]. In: *Energoberezhenie* [Energy Conservation Journal], 2020, no. 7, pp. 46–51. (In Russ., abstr. in Engl.)

31. Chistovich S.A., Aver'yanov V.K., Tempel'Yu.Ya., Bykov S.I. Avtomatizirovannye sistemy teplosnabzheniya i otopeniya [Automated systems of heat supply and heating]. Leningrad, Stroiizdat Publ., 1987, 247 p. (In Russ.)

32. Manyuk V.I., Kaplinskii Ya.I., Khizh E.B. [et al.]. Naladka i ekspluatatsiya vodyanykh teplovykh setei [Adjustment and operation of water heating networks], Handbook. Moscow, Stroiizdat Publ., 1988, 432 p. (In Russ.)