

УДК 620.9: 621.311

Интеллектуальные системы учета потерь тепловой энергии

Е. Л. Рыжова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Рыжова Е. Л. Интеллектуальные системы учета потерь тепловой энергии // Бюллетень результатов научных исследований. 2026. Вып. 2. С. 206–216. DOI: 10.20295/2223-9987-2026-2-206-216

Аннотация

Цель: рассмотреть вопрос о необходимости комплексной оценки эффективности использования интеллектуальных систем учета потерь тепловой энергии, их потенциала. Показать необходимость снижения потерь, которые непосредственно влияют на уменьшение потребления энергоресурсов, что, в свою очередь, ведет к сокращению выбросов парниковых газов и других вредных веществ в атмосферу. Предложить технологии внедрения систем учета потерь тепловой энергии в общую цифровую инфраструктуру для создания единого информационного пространства. **Методы:** рассмотрен широкий спектр интеллектуальных систем учета потерь тепловой энергии, отличающихся функционалом и используемыми технологиями. Проведен сравнительный анализ интеллектуальных автоматизированных систем учета тепла на основе данных с применением статистической обработки, который позволяет выявить взаимосвязи между внутренней температурой в помещении, температурой наружного воздуха и величины тепловых потерь. **Результаты:** показана необходимость объективного контроля расхода энергоносителей на основе данных о тепловых потерях, позволяющего выявить неэффективные участки в системах теплоснабжения. Установлено, что анализ данных о потерях тепловой энергии позволяет не только оценить текущее состояние интеллектуальных систем учета, но и прогнозировать их изменение в различных условиях, что является основой для взаимодействия таких систем с другими интеллектуальными комплексными системами мониторинга и управления энергопотреблением, что значительно повышает общий уровень их энергоэффективности. Выявлена необходимость внедрения интеллектуальных систем учета потерь тепловой энергии, использования энергосберегающих мероприятий, которые позволяют обеспечить снижение эксплуатационных расходов, повысить надежность систем теплоснабжения и снизить нагрузки на окружающую среду за счет сокращения выбросов парниковых газов. **Практическая значимость:** показана необходимость принятия обоснованных решений, направленных на минимизацию потерь, оптимизацию режимов работы оборудования и, как следствие, сокращение затрат на энергоресурсы. Методики для диагностики и устранения причин тепловых потерь позволяют выявлять дефекты изоляции, нарушения режимов работы интеллектуальных систем учета потерь тепловой энергии и других факторов, приводящих к нерациональному расходу тепловой энергии.

Ключевые слова: тепловая энергия, интеллектуальная система, учет потерь тепловой энергии, энергосбережение, энергоэффективность

Введение

Российское правительство взяло курс на активизацию инноваций в теплоэнергетике. Государство старается поддерживать передовые решения там, где речь идет о росте энергоэффективности, внедрении возобновляемых источников энергии и развитии интеллектуальных систем. Стратегия развития энергетики Российской Федерации увязывает энергетическую и экологическую безопасность

с устойчивым ростом экономики, повышением качества жизни и структурной перестройкой в пользу менее энергоемких производств. Инновационный подход в теплоэнергетике подразумевает развитие интеллектуальных энергосистем, оказывающих непосредственное влияние на объемы энергопотребления и показатели эффективности использования энергии, благодаря модернизации отрасли, оптимизации ее инфраструктуры и повышению качества предоставляемых услуг [1].

Материалы и методы

Без объективного учета потерь внедрение энергосберегающих технологий невозможно. По данным исследований, теплотери порой достигают 50%, обрачиваясь колоссальным перерасходом отопительных ресурсов [2]. Отдельная проблема — учет индивидуального потребления тепла в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ). Популярны за границей электронные распределители тепла обладают высокой погрешностью, так как они не замеряют тепловую энергию напрямую, а лишь оценивают долю от общего потребления. Существующие методы учета в многоквартирных домах неточны, отчего остро требуется создание принципиально новых систем, способных напрямую измерять потребление тепла и давать точную картину теплотери. Только это позволит по-настоящему эффективно управлять ресурсами и внедрять энергосберегающие технологии. Следовательно, необходимы современные и при этом недорогие способы оценки теплотери жилых и производственных помещений. Сегодня ведутся активные поиски методов прямого определения индивидуального потребления тепловой энергии, но универсального и одновременно эффективного решения, применимого ко всем типам отопительных систем, пока нет. Создание интеллектуальной системы учета потерь на базе прямого измерения тепловой энергии остается важнейшей задачей. Ее решение критически значимо для объективного контроля расхода теплоносителей и внедрения энергосберегающих технологий, прежде всего в ЖКХ [3, 4].

Современные технологии уже позволяют строить умные дома и предприятия, где каждый потраченный киловатт-час тепла на счету. Это выгодно обеим сторонам: поставщик получает инструмент для анализа экономического эффекта, а потребитель — доступ к реальным данным о текущем расходе и возможность планировать будущее потребление. Установка узлов учета тепла помогает избежать излишних затрат и получить реальную экономию. Коммерческий учет теплотери в теплоснабжающих системах ведется приборами, смонтированными на точках ввода теплоносителя в здании или на предприятии. Тепловычислители фиксируют ключевые показатели: расход теплоносителя, а также его температуры на подающей и обратной магистралях.

На основе этой информации точно рассчитывается потребленная тепловая энергия в гигакалориях. Интеллектуальные системы учета потерь тепловой энергии (ИСУП) — это автоматизированные комплексы контроля и учета, которые

сами собирают показания, обрабатывают их и анализируют, чтобы выявить потери тепловой энергии и оптимизировать потребление. Такие системы востребованы в теплосетях для получения актуальной картины расхода тепла, в управляющих компаниях ЖКХ — для удаленного мониторинга состояния приборов учета и оповещений о вмешательстве в их работу, на предприятиях — для контроля и анализа работы узлов теплоснабжения.

Автоматизированные ИСУП в реальном времени отслеживают технические параметры тепловых систем (расход, давление, температуру), контролируют состояние оборудования: заслонок, задвижек, регулирующих клапанов. Случилась неисправность — система сигнализирует об этом и автоматически запускает меры по ее устранению. Когда расход тепла снижается, например по сезонным причинам, узел учета тепла может сам переходить в режим энергосбережения, управляя нагрузкой без участия оператора. Посекционный анализ энергопотребления помогает локализовать участки с наибольшим расходом и выяснить причины этого перерасхода. Автоматизированные системы позволяют оперативно замечать утечки и потери тепла, дают точные данные для оценки общей энергоэффективности объекта, а автоматический сбор и обработка данных ведут к снижению эксплуатационных расходов. При этом системы относительно легко интегрируются в существующую инфраструктуру [5, 6].

У ИСУП есть ряд особенностей. Они непрерывно в автоматическом режиме отслеживают термодинамические параметры теплоносителя, выполняют расчеты, передают измерения в базу данных для хранения и выводят результаты через различные индикаторы. За счет виртуальных измерительных каналов можно контролировать потребление тепла в общедомовых и коммерческих помещениях. Оборудование автоматически корректирует подачу тепла в квартиры в зависимости от погодных условий, оптимизируя затраты и уменьшая потери. Фактически оно само отслеживает колебания температуры на улице и выбирает нужный режим подачи тепла. В итоге появляется возможность управлять затратами на теплоэнергию, регулировать потребление и минимизировать энергопотери [4, 7].

Показания умных счетчиков передаются проводным или беспроводным путем. Среди беспроводных технологий — Wi-Fi, NB-IoT, LPWAN, GPRS, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave. Интеллектуальные системы учета состоят из самого прибора (с интерфейсом для передачи) и отдельного модуля обработки и отправки данных, объединенных в одном корпусе. В их состав входят измерительные компоненты: термодатчики, тепловычислители, расходомеры и датчики давления. Электронные блоки управления собирают информацию с датчиков, систематизируют ее, хранят в цифровом виде. Сетевое оборудование объединяет компоненты системы и обеспечивает передачу данных по интернет-протоколу локально или удаленно. Современные умные счетчики умеют выполнять и дополнительные функции: контролировать внезапную остановку потребления, отслеживать чрезмерный расход [7].

Интеллектуальные системы, или умные счетчики, можно классифицировать по разным признакам. Разные виды ИСУП способны выполнять разный набор функций. Например, в автоматизированные системы контроля и учета тепла (АСКиУТ) для беспроводного сбора и передачи информации входят установленные на системах отопления шлюзы, принимающие данные от теплосчетчиков по радиосвязи. Без таких функциональных устройств, как узлы учета тепловой энергии (УУТЭ), современные коммунальные объекты уже трудно представить. УУТЭ — это комплекс измерительных устройств, предназначенных для анализа поступающей тепловой энергии и измерения массы и характеристик теплоносителя. Учет тепловой энергии необходим для коммерческих взаиморасчетов между потребителями и энергопоставляющими организациями на основе показаний приборов. УУТЭ работает на удаленном управлении, собирает и хранит данные о потреблении на конкретном участке сети, и с него в любой момент можно извлечь информацию о текущем состоянии и потребленной электроэнергии за нужный период времени [8].

Автоматизированная информационно-измерительная система (АИИС) учета тепла сводит данные со всех узлов в единую цифровую платформу — от удаленного сбора показаний до формирования отчетности. Система регулярно, без выезда персонала опрашивает тепловычислители через модемы по GPRS/4G/Ethernet, автоматически проверяет показания на отклонения, сбои и попытки вмешательства, рассчитывает объем потребленной тепловой энергии, анализирует баланс и выявляет коммерческие потери. Помимо этого, она отслеживает соблюдение температурных графиков, фиксирует аварийные ситуации, уведомляя ответственных, а затем формирует отчеты для взаиморасчетов на основе собранных данных. Вся информация доступна через онлайн-интерфейс и может быть выгружена в любом формате [5].

Внедрение автоматизированной системы комплексного учета теплоресурсов (АСКУТ) дает следующие результаты:

- рациональное расходование всех видов теплоресурсов за счет сокращения времени на сбор и обработку данных;
- уменьшение производственных и непроизводственных теплопотерь благодаря более высокой точности учета, невозможности занижать объемы потребления и предотвращению хищений;
- ускорение взаиморасчетов за счет своевременного выявления сверхнормативного потребления и ведения объективного автоматизированного учета;
- возможность интеграции с системами учета природного газа и электроэнергии, что позволяет создавать комплексную систему управления энергоресурсами.

В целом применение АИИС и АСКУТ повышает эффективность, точность, контроль и прозрачность в потреблении и распределении тепла. Они автоматизируют процессы, снижают влияние человеческого фактора, предотвращают хищения и потери, а также оптимизируют финансовые расчеты [9].

Результаты исследования

Для реализации интеллектуальной системы учета тепловой энергии применяется, в частности, web-SCADA-система «Энергоатлас». Она способна интегрировать собственные протоколы приборов учета ресурсов и энергии, а также подключать программируемые контроллеры по проводным и беспроводным каналам, создавая гибридные сети. В качестве интеллектуального компонента выступает датчик температуры Dallas Semiconductor DS18S20. Специализированное программное обеспечение собирает температурные показатели для последующего статистического анализа, отображая их в реальном времени в графическом и числовом виде. Комплексная статистическая обработка данных за разные сезоны дает возможность выявить взаимосвязи между внутренней температурой помещения, температурой наружного воздуха и величинами тепловых потерь. Такой подход позволяет определять теплопотери в жилых и производственных зданиях с учетом их специфики, а также потери тепла через наружные конструкции [10].

Другой пример — интеллектуальная автоматизированная система учета тепла НЕКТА, созданная для точного учета теплоснабжения в зданиях и сооружениях. Она позволяет энергетикам точнее планировать и управлять потреблением тепла, что в долгосрочной перспективе оборачивается экономией. НЕКТА дает возможность энергетикам более детально планировать и контролировать потребление тепла, что в дальнейшем ведет к снижению расходов. Система обеспечивает сбор, обработку, хранение и анализ показаний с теплосчетчиков, установленных у потребителей, в реальном времени удаленную передачу данных, обработанных информационно-вычислительным комплексом, и их отправку в общую систему НЕКТА [10, 11].

Применение интеллектуальных счетчиков учета тепловой энергии заметно повышает эффективность систем теплоснабжения как для поставщиков, так и для потребителей. Постоянный мониторинг потребления в реальном времени, который обеспечивают умные счетчики, дает возможность анализировать структуру расхода и внедрять действенные меры по энергосбережению. За счет двусторонней связи теплосетевые компании снимают показания дистанционно, и необходимость в физическом доступе к приборам попросту исчезает. Именно в этом главный плюс умных счетчиков: они убирают ручной сбор данных, экономя время и ресурсы. Точный и своевременный сбор информации повышает достоверность расчетов, благодаря чему потребители могут грамотнее планировать расходы и снижать энергопотребление, а следовательно, уменьшаются и счета за тепло.

Вместе с тем у интеллектуальных приборов учета тепла есть и серьезные минусы. Внедрение подобных систем сопряжено с проблемами конфиденциальности и кибербезопасности. Умный счетчик аккумулирует всю информацию

о теплоснабжении, и, если данные не защищены как следует, это открывает дорогу киберугрозам — от несанкционированного доступа и утечек до изменения показаний. Вдобавок такие счетчики обходятся ощутимо дороже традиционных аналогов, что увеличивает затраты на подключение для потребителей [13–15].

Защищенность пытаются повысить разными технологическими путями. Применяются сертифицированные ФСБ средства криптографической защиты информации, способные эффективно противостоять кибератакам. Асимметричное шифрование усложняет попытки взлома приборов учета. Встроенные механизмы регистрации фиксируют любые несанкционированные попытки проникновения или изменения заводских настроек, немедленно передавая тревожный сигнал в систему энергосбыта. Регулярные обновления программного обеспечения от производителей усиливают защитные алгоритмы. Блокчейн-технологии дают возможность создавать распределенные базы данных о потреблении, делая их более стойкими к кибератакам. Физическая защита электронных счетчиков обеспечивается установкой в охраняемых помещениях либо применением специальных защитных корпусов. А для гарантии целостности устройств нередко используют пломбы и прочие механизмы, предотвращающие вскрытие [16].

Заключение

Создание интеллектуальных энергосистем с целью снижения энергоемкости промышленности и повышения качества жизни граждан — это внедрение современных сетей, куда входят интеллектуальные счетчики учета тепловой энергии, возобновляемые источники энергии и энергосберегающие технологии. Системы интеллектуального учета тепла дают эффективный инструмент для управления и прогнозирования энергопотребления. Их преимущества, постоянное развитие, новые функции и интеграция с платформами умного дома в конечном счете перевешивают трудности внедрения.

Пока же движение вперед сдерживают потребность в крупных финансовых вливаниях, ограниченный годовой выпуск интеллектуальных счетчиков учета тепловой энергии и нехватка квалифицированных специалистов, из-за чего Россия отстает от западных стран в цифровизации телекоммуникационных систем нового поколения. Однако, несмотря на эти барьеры, интеллектуальные приборы учета тепла непрерывно совершенствуются, а их безопасность становится ключевым критерием при внедрении. Переход на интеллектуальные счетчики учета тепловой энергии все чаще воспринимают как стратегическую инвестицию, способствующую рациональному расходованию ресурсов и охране окружающей среды. Массовое применение таких устройств — важный шаг на пути к цифровой экономике в рамках концепции умного города. Поэтому интеллектуальные системы учета тепловой энергии и экономия тепловой энергии — это уже не просто связанные, а неразрывные понятия.

Список источников

1. Энергоэффективность и развитие умных сетей в регионах России / В.М. Матюшок [и др.] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2019. №1 (57). С. 2. EDN PQBGUS
2. Гашо Е.Г., Козырь А.В. О комплексной оценке эффективности отопительных систем зданий в нерасчетных режимах // Проблемы энергетики. 2003. №3. С. 3–12. URL: <https://elibrary.ru/racczd> (дата обращения: 30.04.2026).
3. Оценка зависимости потерь энергии в тепловых сетях от теплофизических свойств внешних условий / Н.С. Ларин [и др.] // Студент. Аспирант. Исследователь. 2018. №9 (39). С. 250–256. EDN YLUXML
4. Штерн Ю.И., Кожевников Я.С., Рыгалин Д.Б. Интеллектуальная система и электронные компоненты для контроля потребления тепловой энергии // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2015. Т. 20, №5. С. 536–542. EDN UNSUTJ
5. Галиуллина Э.Р. Цифровой сервис приема и обработки показаний счетчиков потребителей с элементами интернета вещей и искусственного интеллекта // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2022. №6 (70). С. 465–469. EDN QRBPEE
6. Тахавутдинов Р.Г., Воркунов О.В. Компьютерная измерительная система распределенного контроля тепловых потерь // Современные наукоемкие технологии. 2005. №3. С. 66–67. EDN JJYOAX
7. Жмура И.Р. Сравнение современных методов моделирования потерь электроэнергии // Инновационные научные исследования. 2024. №11–1 (47). С. 11–21. DOI: 10.5281/zenodo.14237518. EDN EIZJVU
8. Нестеров Н.А., Астапов В.Н. Перспективы использования цифровых систем диспетчерского управления в электроэнергетике, умные счетчики как инструмент модернизации // Международный студенческий научный вестник. 2025. №6. С. 4. EDN XSECSB
9. Автоматизированная система комплексного учета теплоресурсов. URL: https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_comacc_ackyt.html (дата обращения: 30.04.2026).
10. Система мониторинга и управления «Энергоатлас». URL: <https://energoatlas.com/> (дата обращения: 30.04.2026).
11. Система учета тепла. Коммерческий и технический учет тепла. Телеметрия тепла. URL: <https://nehta.tech/askut/> (дата обращения: 30.04.2026).
12. Счетчики и умные системы: как экономить на отоплении до 30%. URL: <https://reality.rbc.ru/news/5f8efc3e9a79473f70a1d5e4?from=copy> (дата обращения: 30.04.2026).
13. Пугачева А.И. Оценка состояния теплоэнергетического комплекса Хабаровского края по уровню потерь тепловой энергии на различных этапах генерации // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых: в 4 ч. (Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года). Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. С. 242–246. EDN CSQPJT

14. Оценка потерь энергии в тепловых сетях по результатам испытаний режимов их работы / С. В. Юртаев [и др.] // XLVIII Огаревские чтения: материалы научной конференции: в 3 ч. (Саранск, 6–13 декабря 2019 года). Саранск: Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, 2020. С. 388–393. EDN ZMБIОC

15. Машрапов А. А. Умные счетчики электрической энергии в интеллектуальных системах сбора данных // Потенциал и вызовы развития возобновляемой энергетики: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Невинномыск, 22–26 декабря 2025 года). Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2026. С. 177–178. EDN ITJZKB

16. Гнаток Д. В. Умные счетчики электроэнергии // Электрооборудование, электротехнологии и энергетика АПК: сборник статей Научно-практической конференции, посвященной 200-летию Густава Роберта Кирхгофа (Екатеринбург, 21 февраля 2024 года). Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2024. С. 9–14. EDN SFNCIO

Дата поступления: 01.05.2026

Решение о публикации: 29.05.2026

Контактная информация:

РЫЖОВА Елена Львовна — кандидат техн. наук, доцент; elena-astanovskaja@rambler.ru

Intelligent Thermal Energy Loss Accounting Systems

E. L. Ryzhova

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9 Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Ryzhova E. L. Intelligent Thermal Energy Loss Accounting Systems // Bulletin of Scientific Research Results, 2026, iss. 2, pp. 206–216. DOI: 10.20295/2223-9987-2026-2-206-216 (In Russian)*

Abstract

Objective: to examine the need for a comprehensive energy efficiency assessment of intelligent heat loss metering systems and their potential. To demonstrate the need to reduce losses, which directly impacts primary energy consumption, which in turn leads to a reduction in greenhouse gas emissions and other harmful substances. To propose technologies for integrating heat loss metering systems into a common digital infrastructure to create a unified information space for managing energy flows and resources. **Methods:** a wide range of intelligent heat loss metering systems, differing in functionality and technologies, was examined. A comparative analysis of intelligent automated heat metering systems was conducted based on data collected over different seasons, using comprehensive statistical processing to identify relationships between indoor temperature, outdoor air temperature, and heat loss values. **Results:** the need for objective energy consumption monitoring based on accurate heat loss data has been demonstrated, allowing for the identification of inefficient areas in heating systems. It has been established that analyzing data from

intelligent heat loss metering systems not only allows for assessing the current state of systems but also predicting their behavior under various conditions. This provides the basis for integrating such systems with other intelligent integrated energy monitoring and management systems, significantly improving overall energy efficiency. This study identified the need to implement intelligent systems for recording heat energy losses and the use of approaches to assessing them and the effectiveness of energy-saving measures, which will reduce operating costs, increase the reliability of heat supply systems, and reduce the burden on the environment by reducing greenhouse gas emissions. **Practical significance:** The need for informed management decisions aimed at minimizing losses, optimizing equipment operating modes, and, consequently, reducing fuel and energy costs is demonstrated. The development of methods for diagnosing and eliminating the causes of heat loss will enable the identification of insulation defects, malfunctions of intelligent heat loss metering systems, and other factors leading to inefficient heat consumption. The development of energy-saving measures will ensure the comparability of the results of various systems and accelerate their implementation.

Keywords: thermal energy, intelligent system, thermal energy loss accounting, energy saving, energy efficiency, wireless information transmission technologies, hardware and software

References

1. Matyushok V.M. Energoeffektivnost i razvitiye umnykh setey v regionakh Rossii [Energy Efficiency and Development of Smart Grids in the Regions of Russia], *Regionalnaya ekonomika i upravleniye: elektronnyy nauchnyy zhurnal [Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal]*, 2019, no. 1 (57), p. 2. EDN PQBGUS (In Russian)
2. Gasho E.G., Kozyr' A.V. O kompleksnoy otsenke effektivnosti otopitelnykh sistem zdaniy v neraschetnykh rezhimakh [On a Comprehensive Assessment of the Efficiency of Building Heating Systems in Off-Design Modes], *Problemy energetiki [Energy Problems]*, 2003, no. 3, pp. 3–12. (In Russian)
3. Larin N.S., et al. Otsenka zavisimosti poter energii v teplovykh setyakh ot teplofizicheskikh svoystv vneshnikh usloviy [Assessment of the Dependence of Energy Losses in Heating Networks on the Thermophysical Properties of External Conditions], *Student. Aspirant. Issledovatel [Student. Postgraduate student. Researcher]*, 2018, no.9, pp. 250–256. EDN YLUXML (In Russian)
4. Stern Yu.I., et al. Intellektualnaya sistema i elektronnyye komponenty dlya kontrolya potrebleniya teplovoy energii [Intelligent System and Electronic Components for Monitoring Thermal Energy Consumption], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektronika [Proceedings of Higher Educational Institutions. Electronics]*, 2015, no.5, pp. 536–542. EDN UNSUTJ (In Russian)
5. Galiullina E.R. Tsifrovoy servis priema i obrabotki pokazaniy schetchikov potrebiteley s elementami interneta veshchey i iskusstvennogo intellekta [A Digital Service for Receiving and Processing Consumer Meter Readings with Elements of the Internet of Things and Artificial Intelligence], *Skif. Voprosy studencheskoy nauki [Scythian. Student Science Issues]*, 2022, no. 6, pp. 465–469. EDN QRBPEE (In Russian)
6. Takhavutdinov R. G., Vorkunov O. V. Komp'yuternaya izmeritel'naya sistema raspredelenno-go kontrolya teplovykh poter' [Computerized Measuring System for Distributed Heat Loss Control], *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii [Modern Science-Intensive Technologies]*, 2005, no. 3, pp. 66–67. EDN JJYOAX (In Russian)

7. Zhmura I. R. Sravnenie sovremennykh metodov modelirovaniya poter elektroenergii [Comparison of Modern Methods for Modeling Energy Losses], *Innovatsionnye nauchnye issledovaniya [Innovative Scientific Research]*, 2024, no. 11, pp. 11–21. DOI: 10.5281/zenodo.14237518. EDN EIZJVU (In Russian)
8. Nesterov N. A. Perspektivy ispolzovaniya tsifrovyykh sistem dispetcherskogo upravleniya v elektroenergetike, umnye schetchiki kak instrument modernizatsii [Prospects for the Use of Digital Dispatch Control Systems in the Electric Power Industry, Smart Meters as a Modernization Tool], *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik [International Student Scientific Bulletin]*, 2025, no. 6, pp. 4–6, EDN XSECSB (In Russian)
9. Avtomatizirovannaya sistema kompleksnogo ucheta teploresursov [Automated System for Integrated Accounting of Heat Resources]. URL: https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_comacc/ackyt.html (accessed: April 30, 2026). (In Russian)
10. Sistema monitoringa i upravleniya “Energoatlas” [Energy Atlas Monitoring and Control System]. URL: <https://energoatlas.com/> (accessed: April 30, 2026). (In Russian)
11. Sistema ucheta tepla. Kommercheskiy i tekhnicheskij uchet tepla. Telemetriya tepla [Heat Metering System. Commercial and Technical Heat Metering. Heat Telemetry]. URL: <https://nekta.tech/askut/> (accessed: April 30, 2026). (In Russian)
12. Schetchiki i umnye sistemy: kak ekonomit' na otoplenii do 30% [Meters and Smart Systems: How to Save Up to 30% on Heating]. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5f8efc3c9a79473f70a1d5e4?from=copy> (accessed: April 30, 2026). (In Russian)
13. Pugacheva A. I. Otsenka sostoyaniya teploenergeticheskogo kompleksa Khabarovskogo kraya po urovnyu poter teplovoy energii na razlichnykh etapakh generatsii [Assessment of the State of the Thermal Power Complex of Khabarovsk Krai in Terms of the Level of Thermal Energy Losses at Various Stages of Generation], *Molodezh' i nauka: aktual'nyye problemy fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy [Youth and Science: Current Issues in Fundamental and Applied Research]*, Komsomolsk-on-Amur, April 11–15, 2022, Komsomolsk-on-Amur State University, 2022, pp. 242–246, EDN CSQPJT (In Russian)
14. Yurtaev S. V., et al. Otsenka poter' energii v teplovykh setyakh po rezul'tatam ispytaniy rezhimov ikh raboty [Assessment of Energy Losses in Heating Networks Based on the Results of Testing Their Operating Modes], *XLVIII Ogarevskie chteniya: materialy nauchnoj konferentsii [XLVIII Ogarev Readings: Proceedings Of The Scientific Conference]*, Saransk, December 06–13, 2019, Saransk: Ogarev National Research Mordovian State University, 2020, pp. 388–393. EDN ZMBIOC (In Russian)
15. Mashrapov A. A. Umnye schetchiki elektricheskoy energii v intellektual'nykh sistemakh sbora dannykh [Smart Electricity Meters in Intelligent Data Collection Systems], *Potentsial i vyzovy razvitiya vozobnovlyayemoy energetiki: sbornik materialov IV Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Potential and Challenges of Renewable Energy Development: Collection of Materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]*, Nevinnomyssk, December 22–26, 2025, Stavropol, North Caucasus Federal University, 2026, pp. 177–178, EDN ITJZKB (In Russian)

16. Gnatok D.V. Elektrooborudovanie, elektrotekhnologii i energetika APK: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 200-letiyu Gustava Roberta Kirkhgofa [Smart Electricity Meters], *Elektrooborudovaniye, elektrotekhnologii i energetika APK. [Electrical Equipment, Electrical Technologies and Energy of the Agroindustrial Complex: A Collection of Articles from a Scientific and Practical Conference Dedicated to the 200th Anniversary of Gustav Robert Kirchoff]*, February 21, 2024, Yekaterinburg, Ural State Agrarian University, pp. 9–14. EDN SFNCIO (In Russian)

Received: May 01, 2026

Accepted: May 29, 2026

Author's information:

Elena L. RYZHOVA — PhD in Engineering, Associate Professor; elena-astanovskaja@rambler.ru