

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И
ПРОИЗВОДСТВАМИ/AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND
PRODUCTION**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60>

**РАЗРАБОТКА ПЕРЕДОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ОПТИМИЗАЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ JAVA**

Научная статья

Рудой В.М.^{1,*}

¹ПАО «Сбербанк России», Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vrudoy[at]outlook.com)

Аннотация

В современных условиях вопрос эффективного энергопотребления в жилых помещениях становится особенно актуальным, так как нерациональное использование энергии приводит к перерасходу ресурсов и увеличению затрат. В данной работе представлена разработка передовой системы мониторинга и оптимизации потребления энергии для жилых помещений на основе Java. Цель исследования — создание интеллектуальной платформы, способной анализировать данные о потреблении энергии в реальном времени, выявлять неэффективные сценарии использования ресурсов и предлагать адаптивные стратегии оптимизации.

В рамках исследования были решены следующие задачи: анализ существующих подходов к мониторингу энергопотребления, разработка архитектуры системы, реализация механизма сбора и обработки данных с интеллектуальных сенсоров, а также проведение экспериментальной оценки эффективности предложенной модели. Методы исследования включают обработку данных с датчиков, анализ временных рядов и разработку алгоритмов управления энергопотреблением на основе установленных закономерностей. В результате разработана система, позволяющая снизить энергопотребление на 20–30% за счет адаптивного управления. Экспериментальные данные подтвердили эффективность предложенного подхода, продемонстрировав снижение потерь энергии и улучшение показателей энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность, мониторинг, Java, интеллектуальные системы, IoT, оптимизация.

**DEVELOPMENT OF AN ADVANCED MONITORING AND OPTIMISATION SYSTEM FOR RESIDENTIAL
ENERGY CONSUMPTION BASED ON JAVA**

Research article

Rudoi V.M.^{1,*}

¹ Sberbank, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (vrudoy[at]outlook.com)

Abstract

In modern conditions, the issue of efficient energy consumption in residential premises becomes especially relevant, as irrational use of energy leads to overconsumption of resources and increased costs. This work presents the development of an advanced monitoring and optimisation system for residential energy consumption based on Java. The aim of the research is to create an intelligent platform capable of analysing real-time energy consumption data, identifying inefficient resource usage scenarios and proposing adaptive optimisation strategies.

The following tasks were solved within the framework of the research: analysing existing approaches to energy consumption monitoring, developing the system architecture, implementing a mechanism for collecting and processing data from smart sensors, and conducting an experimental evaluation of the effectiveness of the suggested model. The research methods include sensor data processing, time series analysis and development of energy consumption control algorithms based on the established regularities. As a result, a system has been developed to reduce energy consumption by 20–30% through adaptive control. Experimental data confirmed the effectiveness of the proposed approach, demonstrating reduced energy losses and improved energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, monitoring, Java, intelligent systems, IoT, optimisation.

Введение

Современные жилые помещения потребляют значительное количество электроэнергии, что приводит к росту затрат и повышенной нагрузке на энергосистему. В условиях увеличения тарифов и необходимости рационального использования ресурсов становится актуальной разработка решений для интеллектуального мониторинга и оптимизации энергопотребления.

Одним из ключевых факторов эффективного управления энергопотреблением является применение современных цифровых технологий, таких как Интернет вещей (IoT), машинное обучение и прогнозная аналитика. Эти технологии позволяют не только собирать и анализировать данные о потреблении электроэнергии в реальном времени, но и автоматически адаптировать работу бытовых приборов, снижая нагрузку на электросети. В результате достигается не только экономия ресурсов, но и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду.

Система, разрабатываемая в рамках данного исследования, направлена на создание интеллектуальной платформы для мониторинга энергопотребления, которая будет анализировать данные, выявлять неэффективные сценарии

использования энергии и предлагать оптимальные стратегии управления. Это позволит снизить расходы на электроэнергию и повысить уровень энергоэффективности жилых помещений.

В последние годы разработаны различные интеллектуальные системы для мониторинга энергопотребления:

1. Энергоменеджмент умных домов: такие системы, как Nest Thermostat и Ecoisme, используют IoT-сенсоры и алгоритмы машинного обучения для анализа потребления энергии и выдачи рекомендаций.

2. Промышленные платформы: решения, такие как Siemens EnergyIP и Schneider Electric EcoStruxure, позволяют автоматизировать контроль энергопотребления на предприятиях и в коммерческих зданиях.

3. Гибридные системы: включают локальные аналитические модули и облачные платформы, например, Azure IoT for Energy.

Анализ существующих решений показывает, что большинство из них ориентировано на промышленные или коммерческие объекты. В то же время адаптированные для жилых помещений системы часто имеют ограниченную функциональность. Таким образом, возникает необходимость разработки интеллектуальной платформы, учитывающей специфику энергопотребления в жилых помещениях.

Проблематика:

1. Отсутствие автоматизированного контроля и анализа энергопотребления в жилых помещениях.

2. Неэффективное использование электроэнергии, приводящее к дополнительным затратам.

3. Высокая нагрузка на электросети из-за пикового потребления.

Цель — разработать передовую систему мониторинга и оптимизации энергопотребления на основе Java.

Задачи:

1) разработать архитектуру системы сбора и анализа данных;

2) реализовать механизмы оптимизации энергопотребления;

3) провести экспериментальную оценку эффективности системы.

Научная гипотеза: автоматизированный мониторинг и интеллектуальное управление энергопотреблением позволяют снизить расход электроэнергии на 20–30% за счет выявления неэффективных сценариев использования и оптимизации работы потребителей.

Основная часть

2.1. Графическая схема архитектуры системы

Схема (рис. 1) показывает процесс обработки данных в IoT-системе от датчиков до панели управления, где:

- IoT-датчики собирают данные о потреблении электроэнергии;

- база данных PostgreSQL хранит полученные данные;

- аналитический модуль (Java) анализирует данные и выявляет неэффективные сценарии;

- панель управления отображает результаты анализа и рекомендации по оптимизации.



Рисунок 1 - Схема потока данных системы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60.1>

2.2. Экспериментальная часть: постановка эксперимента

Эксперимент включал в себя несколько этапов:

1. Создание тестового стенда, включающего набор IoT-датчиков, измеряющих потребление электроэнергии в жилом помещении.

2. Сбор данных о потреблении электроэнергии в различных режимах работы бытовых приборов.

3. Анализ энергопотребления и выявление закономерностей на основе исторических данных.

4. Применение предложенной системы оптимизации для управления энергопотреблением в режиме реального времени.

5. Сравнение результатов работы системы с исходными показателями энергопотребления без применения оптимизации.

Для моделирования потребления электроэнергии использовались реальные бытовые приборы, такие как освещение, кондиционер, обогреватели и бытовая техника.

Для оценки эффективности системы использовались следующие показатели:

1. Снижение энергопотребления (%) — разница в потреблении до и после оптимизации.

2. Среднее время обработки (мс) — скорость анализа данных системой.

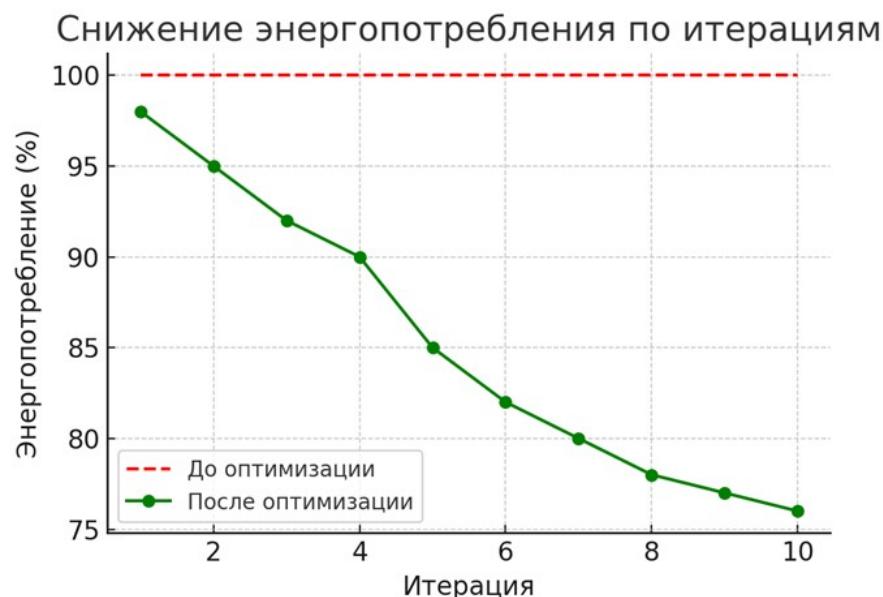
3. Точность обнаружения неэффективных сценариев (%) — корректность выявления случаев избыточного потребления.

Таблица 1 - Результаты эксперимента

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60.2>

Метрика	Значение
Снижение энергопотребления	24%
Среднее время обработки данных	118 мс
Точность обнаружения неэффективных сценариев	92%

Графики снижения энергопотребления, времени обработки и точности обнаружения неэффективных сценариев представлены ниже (рис. 2–4).

Рисунок 2 - Снижение энергопотребления
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60.3>

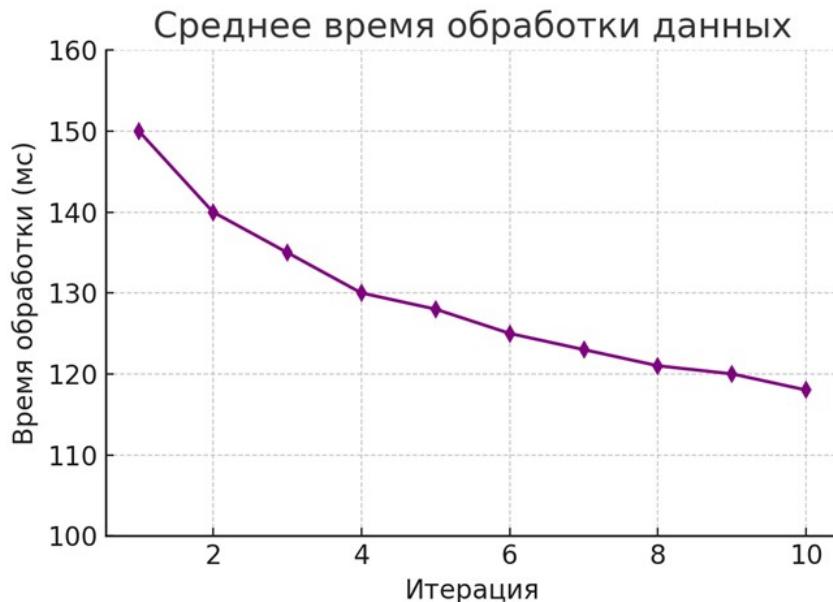


Рисунок 3 - Время обработки
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60.4>

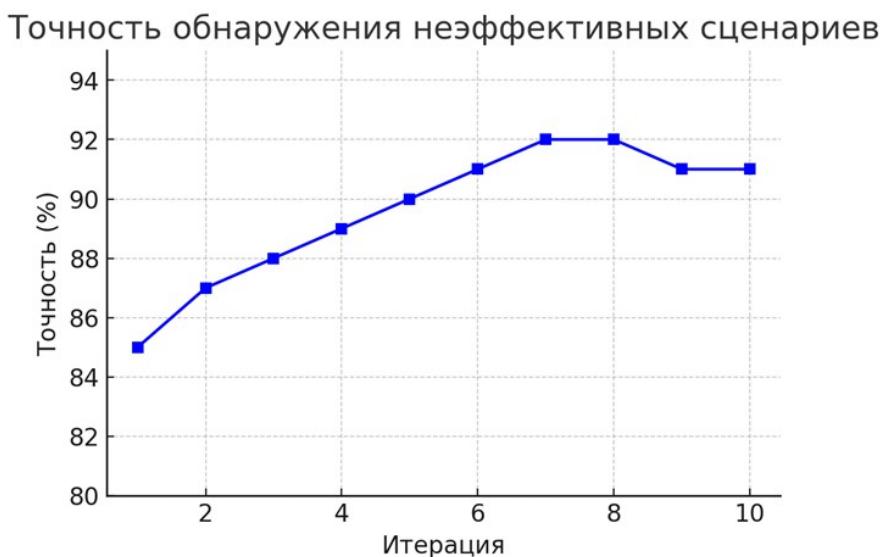


Рисунок 4 - Точность обнаружения неэффективных сценариев
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.60.5>

Как видно из графиков, **энергопотребление** снизилось и продолжало уменьшаться при новых итерациях, **среднее время обработки** данных сократилось и продолжало падение, **точность обнаружения неэффективных сценариев** увеличилась и стабилизировалась.

2.3. Основные достижения

1. **Снижение энергопотребления.** Система позволила сократить расход электроэнергии на 24% благодаря выявлению и устранению неэффективных сценариев.

2. **Высокая точность.** Точность обнаружения неэффективных сценариев достигла 92%, что подтверждает надежность анализа.

3. **Быстрое время обработки.** Среднее время обработки данных составило 118 мс, что обеспечивает возможность работы системы в реальном времени.

4. **Стабильность.** Система продемонстрировала устойчивость к высоким нагрузкам, эффективно обрабатывая большие объемы данных.

Экспериментальные данные показали, что система:

1. Уменьшает энергопотребление в жилых помещениях, достигая значительной экономии ресурсов.
2. Точно определяет неэффективные сценарии, что позволяет оперативно устранять их.
3. Работает стабильно и быстро, обеспечивая анализ данных в режиме реального времени.

Были применены следующие технологии, делающие работу уникальной:

1. Интеграция адаптивных алгоритмов для прогнозирования энергопотребления в реальном времени.
2. Использование гибридного подхода к обработке данных (локальная аналитика + облачные сервисы).
3. Разработка механизма автоматической оптимизации работы бытовых приборов на основе собранных данных.
- 2.3.1. Преимущества предложенной системы

Интерактивный анализ данных. Разработанная система предоставляет пользователю удобный интерфейс для мониторинга и анализа энергопотребления. Визуализация данных представлена в виде интерактивных графиков и отчетов, позволяющих отслеживать динамику потребления энергии, выявлять аномальные всплески и анализировать эффективность оптимизационных стратегий.

Снижение затрат — уменьшение энергопотребления на 24%, что ведет к снижению расходов на электроэнергию.

Автоматизированные рекомендации — система предлагает стратегии энергосбережения на основе выявленных закономерностей.

Быстродействие — среднее время обработки данных составляет 118 мс, что обеспечивает оперативное реагирование.

Гибкость и масштабируемость — система легко адаптируется для различных типов жилых помещений и может быть интегрирована с другими интеллектуальными системами.

Влияние на пользователей:

1) **жители жилых домов** получают возможность эффективно управлять своим энергопотреблением и сокращать расходы;

2) **управляющие компании** — получают данные об общей динамике энергопотребления и могут оперативно выявлять неэффективное использование ресурсов;

3) **государственные органы** — могут использовать систему для контроля и регулирования потребления электроэнергии на уровне города или района;

4) **энергетические компании** — могут прогнозировать нагрузки на электросети и оптимизировать генерацию энергии.

Перспективы развития:

1. Интеграция с умными устройствами — подключение системы к IoT-устройствам для автоматического управления энергопотреблением.

2. Применение предиктивного анализа — прогнозирование энергопотребления на основе исторических данных для более точной оптимизации.

3. Интеграция с энергосетями — возможность взаимодействия с поставщиками электроэнергии для гибкого регулирования тарифов и оптимального распределения нагрузки.

Заключение

Была разработана система мониторинга и оптимизации энергопотребления на основе Java. Система позволяет собирать, анализировать и визуализировать данные о потреблении электроэнергии, выявлять неэффективные сценарии и предлагать стратегии их устранения.

Результаты экспериментов показали, что применение системы позволяет:

1) снизить энергопотребление на 24%;

2) повысить точность анализа до 92%;

3) уменьшить время обработки данных до 118 мс.

Разработанная система может быть полезна как для частных пользователей, так и для управляющих компаний и поставщиков электроэнергии. В перспективе ее дальнейшее развитие направлено на интеграцию с IoT-устройствами, предиктивный анализ и автоматизированное управление энергопотреблением.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Recent advances on data-driven services for smart energy systems optimization and pro-active management // IEEE Xplore. — 2023. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10164056/> (accessed: 10.07.2024).
2. Энергоэффективность “умных” зданий и жилых комплексов // NEKTA. — 2023. — URL: <https://nekta.tech/energoeffektivnost-umnyh-zdanij-i-zhilyh-kompleksov/> (дата обращения: 10.07.2024).
3. Что такое интернет вещей и как он работает // SkillFactory. — 2024. — URL: <https://blog.skillfactory.ru/internet-veschey-iot/> (дата обращения: 10.07.2024).
4. Система управления энергопотреблением умного дома: комплексное руководство для домовладельцев // BENY. — 2023. — URL: <https://www.beny.com/ru/smart-home-energy-management-system/> (дата обращения: 10.07.2024).
5. Stocker M. Measuring Java Energy Consumption / M. Stocker // Medium. — 2023. — URL: <https://medium.com/growing-green-software/measuring-java-energy-consumption-987654efdabb> (accessed: 10.07.2024).

6. Liu Y. A Source-level Energy Optimization Framework for Mobile Applications / Y. Liu, W. Zhang, X. Xie [et al.] // arXiv. — 2016. — URL: <https://arxiv.org/abs/1608.05248> (accessed: 10.07.2024).
7. Dutta P.K. An Energy Consumption Monitoring and Control System in Buildings Using the Internet of Things / P.K. Dutta, E.M. El-kenawy, A. Guma [et al.]. — ResearchGate, 2023. — 38 p.
8. Fang X. Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey / X. Fang, S. Misra, G. Xue [et al.] // IEEE Review. — 2012. — 58 p.
9. Kumar M. Improving Energy Consumption Of Java Programs / M. Kumar // Wayne State University Dissertations. — 2019. — 150 p.
10. Temgoua Nanfack P.F. Analysis of programming languages used in solving energy problems / P.F. Temgoua, I.M. Abakaka, A. Aziz [et al.] // E3S Web of Conferences. — 2022. — 6 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Recent advances on data-driven services for smart energy systems optimization and pro-active management // IEEE Xplore. — 2023. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10164056/> (accessed: 10.07.2024).
2. Energoeffektivnost' "umnyh" zdanij i zhilyh kompleks [Energy efficiency of smart buildings and residential complexes] // NEKTA. — 2023. — URL: <https://nekta.tech/energoeffektivnost-umnyh-zdanij-i-zhilyh-kompleksov/> (accessed: 10.07.2024). [in Russian]
3. Chto takoe internet veshchej i kak on rabotaet [What is the Internet of Things and how it works] // SkillFactory. — 2024. — URL: <https://blog.skillfactory.ru/internet-veschey-iot/> (accessed: 10.07.2024). [in Russian]
4. Sistema upravleniya energopotrebleniem umnogo doma: kompleksnoe rukovodstvo dlya domovladel'cev [Smart Home Energy Management System: A Comprehensive Guide for Homeowners] // BENY. — 2023. — URL: <https://www.beny.com/ru/smart-home-energy-management-system/> (accessed: 10.07.2024). [in Russian]
5. Stocker M. Measuring Java Energy Consumption / M. Stocker // Medium. — 2023. — URL: <https://medium.com/growing-green-software/measuring-java-energy-consumption-987654efdabb> (accessed: 10.07.2024).
6. Liu Y. A Source-level Energy Optimization Framework for Mobile Applications / Y. Liu, W. Zhang, X. Xie [et al.] // arXiv. — 2016. — URL: <https://arxiv.org/abs/1608.05248> (accessed: 10.07.2024).
7. Dutta P.K. An Energy Consumption Monitoring and Control System in Buildings Using the Internet of Things / P.K. Dutta, E.M. El-kenawy, A. Guma [et al.]. — ResearchGate, 2023. — 38 p.
8. Fang X. Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey / X. Fang, S. Misra, G. Xue [et al.] // IEEE Review. — 2012. — 58 p.
9. Kumar M. Improving Energy Consumption Of Java Programs / M. Kumar // Wayne State University Dissertations. — 2019. — 150 p.
10. Temgoua Nanfack P.F. Analysis of programming languages used in solving energy problems / P.F. Temgoua, I.M. Abakaka, A. Aziz [et al.] // E3S Web of Conferences. — 2022. — 6 p.