

УМНЫЕ ГОРОДА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В БЕЛАРУСИ

Третьяк М.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Василькова А.Н. – магистр, старший преподаватель ИПиЭ

Аннотация. В работе рассматриваются технологии умных городов (*smart cities*), их внедрение в мировых мегаполисах (Сингапур, Барселона, Копенгаген) и их потенциал для оптимизации энергопотребления. Особое внимание уделяется гибридным моделям искусственного интеллекта, которые могут быть адаптированы для Республики Беларусь с целью повышения энергоэффективности, снижения затрат и улучшения качества городской среды.

Ключевые слова: умные города (*smart cities*), искусственный интеллект (ИИ), устойчивое развитие, большие данные (*Big Data*)

Введение. Современные города сталкиваются с растущими вызовами, связанными с увеличением населения, урбанизацией и изменением климата. Одной из ключевых задач является оптимизация энергопотребления, что требует внедрения интеллектуальных систем, способных анализировать большие объемы данных и принимать эффективные решения в реальном времени. Умные города (*smart cities*) представляют собой концепцию, которая объединяет информационные технологии, Интернет вещей (*IoT*) и искусственный интеллект (ИИ) для создания устойчивой и комфортной городской среды.

В данной работе рассматриваются существующие примеры внедрения технологий умных городов в мире, анализируются их преимущества и ограничения. Особое внимание уделяется гибридным моделям искусственного интеллекта, которые могут быть использованы для оптимизации энергопотребления.

Основная часть. Энергопотребление в городах составляет значительную часть мирового энергобаланса. По данным Международного энергетического агентства (IEA), на города приходится более 60% глобального потребления энергии [1]. При этом неэффективное использование ресурсов приводит к увеличению затрат и негативному воздействию на окружающую среду. Внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением позволяет снизить затраты, уменьшить выбросы CO₂ и повысить качество жизни горожан.

Для Республики Беларусь, где вопросы энергоэффективности и устойчивого развития становятся все более актуальными, изучение опыта умных городов может стать основой для разработки собственных решений. Это особенно важно в условиях ограниченных ресурсов и необходимости модернизации городской инфраструктуры. В этом контексте опыт таких городов, как Сингапур, Барселона и Копенгаген, демонстрирует, как современные технологии могут быть использованы для оптимизации энергопотребления и создания устойчивой городской среды.

Умный город – это концепция, при которой городская инфраструктура управляется с помощью современных технологий, таких как Интернет вещей (*IoT*), большие данные (*Big Data*) и искусственный интеллект (ИИ). Цель умного города – повысить качество жизни горожан, оптимизировать использование ресурсов и снизить негативное воздействие на окружающую среду. В работе «*Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies*» (2017) авторы подчеркивают, что ключевым элементом умного города является сбор и анализ данных в реальном времени [2]. Это позволяет городским

властям принимать более обоснованные и эффективные решения, например, в области энергопотребления, транспорта и управления отходами.

Интернет вещей (IoT) играет важную роль в реализации концепции умного города. IoT представляет собой сеть устройств, которые обмениваются данными через интернет. В умных городах IoT используется для сбора информации с датчиков, установленных на улицах, в зданиях и транспорте. Например, датчики могут измерять температуру, влажность, уровень освещенности или движение людей. В статье «IoT for Smart Cities: Challenges and Solutions» (2019) авторы описывают, как IoT помогает управлять энергопотреблением, транспортом и отходами [3]. Они приводят пример Барселоны, где IoT-датчики используются для оптимизации уличного освещения, что позволило снизить энергозатраты на 30%. Кроме того, в городе используются умные системы орошения, которые анализируют данные о погоде и оптимизируют расход воды, что особенно важно в условиях ограниченных водных ресурсов. Барселона также активно применяет платформы для анализа данных, которые помогают городским властям принимать решения на основе актуальной информации в реальном времени. Эти меры не только повышают эффективность управления городской инфраструктурой, но и способствуют устойчивому развитию.

Продолжая тему умных городов, Сингапур, являясь одним из самых продвинутых умных городов в мире, демонстрирует эффективное использование технологий для оптимизации городской инфраструктуры. Интеллектуальные системы управления транспортом анализируют трафик в реальном времени и оптимизируют маршруты общественного транспорта, уменьшая загруженность дорог. Важным элементом инфраструктуры Сингапура являются энергоэффективные здания, оснащенные датчиками для контроля температуры, освещения и энергопотребления. Эти технологии не только минимизируют потери энергии, но и создают комфортные условия для жителей, делая Сингапур образцом для других городов.

Копенгаген, стремясь стать углеродно-нейтральным городом, представляет собой еще один яркий пример внедрения умных технологий. Город использует системы управления энергопотреблением, которые интегрируют возобновляемые источники энергии, такие как ветряные электростанции. Умные сети (*smart grids*) балансируют спрос и предложение энергии, обеспечивая стабильность энергосистемы. Кроме того, в Копенгагене установлены датчики для мониторинга качества воздуха и трафика, что помогает снизить выбросы CO₂ и улучшить экологическую обстановку. Внедрение умных транспортных систем сократило время в пути на 15% и снизило выбросы на 10%. Эти меры делают Копенгаген лидером в области устойчивого городского развития, демонстрируя, как технологии умных городов могут способствовать достижению амбициозных экологических целей.

Искусственный интеллект (ИИ) также является важным компонентом умных городов. ИИ – это технологии, которые позволяют машинам обучаться на данных и принимать решения. Гибридные модели ИИ, сочетающие методы машинного обучения (например, нейронные сети) с традиционными алгоритмами оптимизации (например, генетические алгоритмы), повышают точность и эффективность решений. В работе «Hybrid AI Models for Energy Optimization in Smart Cities» (2021) авторы предлагают использовать гибридные модели для прогнозирования спроса на энергию [4]. Они показывают, что такие модели могут снизить ошибки прогнозирования на 20% по сравнению с традиционными методами, что особенно важно для балансировки энергосетей в условиях переменчивого спроса.

Энергоэффективные здания также играют важную роль в умных городах. Они используют технологии для снижения потребления энергии, например, датчики могут автоматически регулировать отопление, кондиционирование и освещение в зависимости от присутствия людей и времени суток. В работе «Energy-Efficient Buildings: Technologies and Case Studies» (2022) авторы описывают, как в Токио внедрение умных систем в зданиях помогло снизить энергопотребление на 20% [5]. Они также подчеркивают, что такие

системы окупаются за 3-5 лет, что делает их экономически выгодными для широкого внедрения.

Заклучение. Современные вызовы, связанные с урбанизацией, ростом населения и изменением климата, требуют новых подходов к управлению городской инфраструктурой.

Для Республики Беларусь внедрение технологий умных городов представляет собой важный шаг на пути к модернизации городов и повышению энергоэффективности. Умное освещение, интеллектуальные транспортные системы, энергоэффективные здания и гибридные модели ИИ могут не только снизить затраты на энергопотребление, но и улучшить экологическую обстановку, уменьшив нагрузку на окружающую среду. Хотя внедрение таких решений потребует значительных инвестиций, их долгосрочная экономическая и социальная выгода очевидна.

Изучение и адаптация опыта умных городов для Беларуси может стать ключевым фактором в создании устойчивой, комфортной и экологически чистой городской среды. Это особенно важно в условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата и ограниченностью ресурсов. Внедрение умных технологий не только повысит эффективность использования ресурсов, но и сделает города Беларуси более привлекательными для жизни и инвестиций, обеспечивая устойчивое развитие на долгие годы вперед.

Список литературы

1. Международное энергетическое агентство (IEA). (2022). World Energy Outlook. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Дата доступа: 12.02.2025.
2. Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8003273>. Дата доступа: 15.02.2025.
3. IoT for Smart Cities: Challenges and Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/364105761_IOT_Smart_City_Introduction_and_Challenges. Дата доступа: 20.02.2025.
4. Hybrid AI Models for Energy Optimization in Smart Cities [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/343008438_HIOPE2021_Hybrid_Intelligent_Optimization_Approaches_for_Smart_Energy_A_Practical_Approach. Дата доступа: 27.02.2025.
5. Energy-Efficient Buildings: Technologies and Case Studies [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/380207442_Review_of_energy-efficient_HVAC_technologies_for_sustainable_buildings. Дата доступа: 01.03.2025.

UDC 004.733:911.372.7(476)

SMART CITIES AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TECHNOLOGY ANALYSIS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION IN BELARUS

Tretyak M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vasilkova A.N. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper considers smart cities technologies, their implementation in the world megacities (Singapore, Barcelona, Copenhagen) and their potential for optimizing energy consumption. Special attention is paid to hybrid models of artificial intelligence, which can be adapted for the Republic of Belarus in order to increase energy efficiency, reduce costs and improve the quality of urban environment.

Keywords: smart cities, artificial intelligence (AI), sustainable development, Big Data