

Security is a critically important aspect of modern Linux operating systems, with the kernel playing a central role in its provision. Acting as an intermediary between hardware resources and application software, the kernel controls access to system resources and manages process execution. One of its key functions is to protect the system from various cyber threats and attacks aimed at exploiting vulnerabilities at the operating system level. This paper examines the main security mechanisms implemented in the Linux kernel, including access control (SELinux, AppArmor), address space randomization (ASLR), memory protection (DEP, Stack Guard), and privilege restrictions. It discusses how these mechanisms prevent or mitigate the impact of attacks such as buffer overflows, malicious code injection, and privilege escalation. The effectiveness of these methods and their role in the overall cybersecurity strategy for Linux-based systems are analyzed.

Additionally, the paper highlights current trends and future prospects for the development of kernel security mechanisms, including the integration of hardware security tools and the use of machine learning technologies to detect threats. The importance of timely kernel and system component updates, as well as the active role of users and administrators in maintaining high-security standards, is emphasized. Thus, the article provides a comprehensive overview of how the Linux kernel contributes to preventing attacks at the operating system level and outlines measures that can be taken to enhance security in the future.

Key words: Linux kernel, system security, security mechanisms, access control, privilege restrictions, attacks, buffer overflow, code injection.

Сведения об авторах

Ильхан Жанатович Мейрамов – магистрант специальности «Системы информационной безопасности», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Автор туралы ақпарат

Илхан Жанатұлы Мейрамов – «Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері» мамандығы бойынша магистрант, Еуразия ұлттық университеті Л.Н. Гумилев атындағы, Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Information about the author

Ilkhan Zhanatovich Meyramov – Master's student in the specialty «Information Security Systems», Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: gentelmen3332@mail.ru.

Поступила в редакцию 25.11.2024

Поступила после доработки 02.12.2024

Принята к публикации 03.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-17](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-17)

МРНТИ: 50.43.15



Б.Т. Иманбек^{1,2}, Ж.Е. Байғараева^{1,2*}, А.К. Болтабоева^{1,2}, Ж.Б. Кальпеева¹, А.Б. Копенов²

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. К. Сатпаева, 22

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ В ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ИОТ И SCADA

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по разработке и внедрению интеллектуальной системы управления параметрами чистых помещений на основе технологий Интернета вещей (IoT), выполненных в рамках проекта по созданию автоматизированной системы мониторинга для медицинских и промышленных объектов. Установлены закономерности технологического процесса управления микроклиматом в чистых помещениях, включая контроль за температурой, влажностью и качеством воздуха, что обеспечивает высокую точность и надежность системы. Рациональные режимы работы системы, поддерживаемые IoT-сенсорами и платформой SCADA,

обеспечивают стабильные параметры окружающей среды, что повышает эффективность работы медицинского оборудования и снижает энергопотребление.

Предложена конструктивная особенность системы управления, позволяющая сократить энергозатраты при увеличении точности мониторинга и поддержании оптимальных условий в чистых помещениях, а также интеграция с облачными платформами для удаленного контроля и анализа данных.

Ключевые слова: интернет вещей (IoT), SCADA, чистые помещения, управление микроклиматом, автоматизация, мониторинг воздуха, температура, влажность.

Введение

Современные промышленные и медицинские объекты предъявляют высокие требования к качеству воздуха и микроклимату внутри помещений, что особенно важно для чистых помещений, используемых в фармацевтическом производстве, лабораториях и медицинских учреждениях [1]. Чистые помещения требуют постоянного контроля за параметрами окружающей среды, такими как температура, влажность, а также уровень загрязняющих веществ в воздухе. Это обусловлено тем, что малейшие отклонения от нормативных значений могут повлиять на качество продукции или безопасность работы персонала.

Традиционные методы контроля за состоянием воздуха и микроклимата в чистых помещениях часто связаны с ручным управлением и значительными затратами ресурсов, что снижает эффективность работы объектов [2]. В последние годы технологии Интернета вещей (IoT) и системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) активно внедряются в различные сферы, предлагая новые возможности для автоматизации процессов мониторинга и управления. Интеллектуальные системы на базе IoT позволяют в реальном времени контролировать параметры окружающей среды, собирать и анализировать данные, а также автоматически управлять оборудованием для поддержания оптимальных условий работы [3].

Системы кондиционирования воздуха в помещениях требуют высокой производительности с точки зрения энергопотребления, чтобы минимизировать затраты за счет обеспечения определенных термогигрометрических условий. Повышение энергоэффективности установок кондиционирования требует тщательного анализа энергетической системы и различных технологических параметров, влияющих на производительность такой системы. Компоненты системы должны быть надлежащим образом спроектированы и оптимизированы, чтобы снизить потребление энергии и выбросы загрязняющих веществ.

Прогнозирующая математическая модель уже была разработана в [4] для изучения эффективности систем кондиционирования воздуха для обеспечения контролируемого микроклимата. Авторы представили оценку энергопотребления с точки зрения энергии на нагрев/охлаждение, увлажнение/осушение и повторный нагрев (когда происходит такой процесс), и их модель была проверена путем сравнения результатов с результатами, полученными с помощью TRNSYS-17, коммерческого программного обеспечения для динамического моделирования, как описано в Ref [5]. Среди технологических параметров, которые играют фундаментальную роль в процессе создания контролируемого микроклимата, в ссылках рассмотрено влияние внешних климатических условий. [6, 7]. В частности, в статье [8] авторы провели анализ характеристик ограждающих конструкций здания, в то время как в статье [9] для оценки энергопотребления системы кондиционирования воздуха была использована динамическая модель. Эффективность всей системы в целом при различных условиях эксплуатации может быть повышена за счет использования численных алгоритмов оптимизации, как показано в [10]. Интересный обзор многоцелевых методов, применяемых к энергетическим системам, приведен в работе [11], где эволюционные алгоритмы были применены к автономной гибридной системе возобновляемой энергетики. Что касается стратегий управления системами HVAC, то методология оптимизации системы отопления разработана и апробирована в [12]. Процесс оптимизации осуществляется путем анализа различных стратегий управления. Неудивительно, что при работе с энергетическими системами процедура оптимизации систем в основном направлена на снижение энергопотребления за счет обеспечения качества воздуха в помещении и одновременного поддержания термогигрометрических параметров в комфортных пределах. Кроме того, процедура

оптимизации учитывает не только потребление энергии, но и ограничения на выбросы загрязняющих веществ. Различные стратегии контроля исследованы в [13], где имитационная модель, предложенная авторами, учитывает выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с особым вниманием к концентрации CO₂. Что касается режимов работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), в источнике [14] рассматривается метод оптимизации, который корректирует наиболее важные параметры процесса для достижения минимального энергопотребления и обеспечения теплового и гигиенического комфорта. Среди параметров процесса – температура охлажденной воды и температура подаваемого воздуха, и в данной работе авторам удалось достичь значительной экономии энергии. Кроме того, метод оптимизации учитывает как водное, так и воздушное потребление. Предложенный алгоритм называется REA (Robust Evolutionary Algorithm), и в источнике [15] показана его эффективность для управления энергией в системах HVAC. Целью настоящей работы является анализ систем управления HVAC для микроклиматических сред. Начиная с предсказательной математической модели AC_Code, разработанной и подтвержденной в источнике [4], представлены две обновленные модели симуляции. Эти модели учитывают различные системы управления расходом воздуха и детальный энергетический баланс кондиционируемой среды. Симуляции выполняются в динамических условиях с шагом симуляции в 1 час и использованием почасовых метеорологических данных. В качестве результата модель симуляции предоставляет данные о потреблении энергии системой кондиционирования воздуха, потреблении электроэнергии системой распределения воздуха, значения температуры и относительной влажности, возникающие в результате процесса кондиционирования, а также термодинамическое состояние влажного воздуха, который покидает кондиционируемую среду. Модель включает в себя энергетический баланс как системы кондиционирования воздуха, так и самой кондиционируемой среды.

Методология и результаты исследования

Разработка интеллектуальной системы управления чистыми помещениями на основе технологий Интернета вещей (IoT) и SCADA осуществлялась в несколько этапов. Основной целью было создание автоматизированной системы, обеспечивающей контроль и регулирование параметров микроклимата в режиме реального времени, что особенно важно для медицинских и фармацевтических объектов, где требуется поддержание стабильных условий для хранения и производства продукции.

Архитектура системы, представленная на рисунке 1, состоит из нескольких уровней. Верхний уровень включает пользовательские устройства, такие как ПК, смартфоны и автоматизированное рабочее место диспетчера (АРМ), которые используются для доступа к системе и управления ею. Эти устройства позволяют операторам осуществлять мониторинг данных в реальном времени и управлять оборудованием.

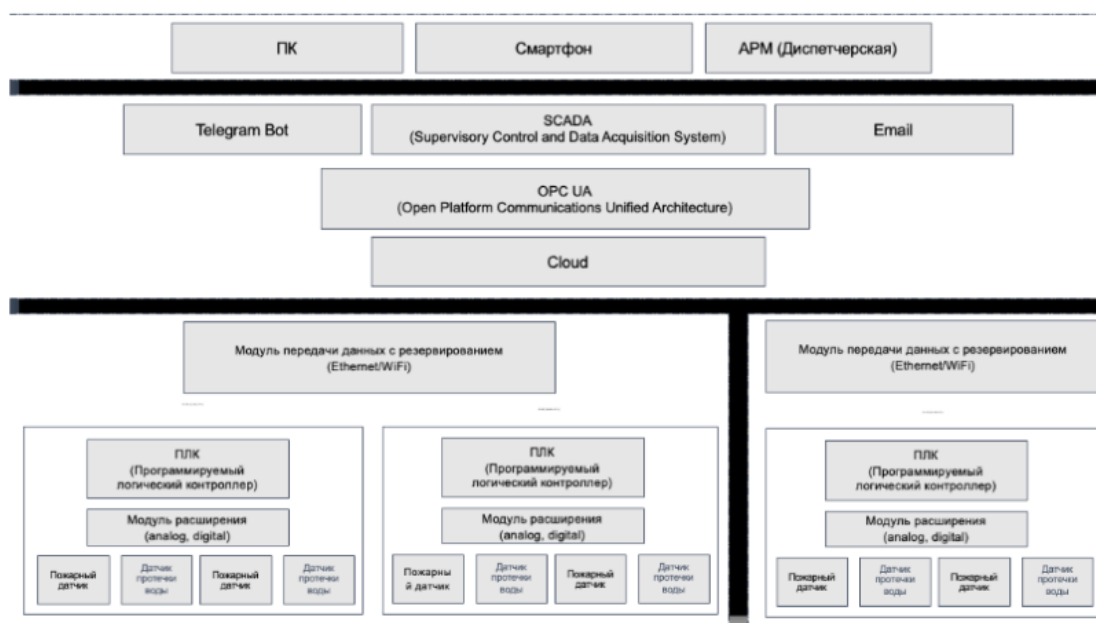


Рисунок 1 – Архитектура системы

Также в архитектуре предусмотрены системы уведомлений через Telegram Bot и Email, что обеспечивает возможность оперативного оповещения о любых изменениях в системе. Средний уровень архитектуры включает ключевые компоненты системы мониторинга: SCADA (система диспетчерского контроля и сбора данных) для контроля и управления процессами, OPC UA (унифицированная архитектура коммуникаций), обеспечивающая стандартизированную передачу данных между устройствами, и облачная платформа для хранения и анализа данных. Эти компоненты позволяют интегрировать и обрабатывать данные с различных устройств, а также управлять системой удалённо. Нижний уровень представлен аппаратными компонентами системы, такими как ПЛК (программируемые логические контроллеры), расширительные модули (аналоговые и цифровые), а также датчики (пожарные датчики и датчики протечки воды). Для повышения надежности и стабильности работы система использует модули передачи данных с резервированием, поддерживающие как Ethernet, так и Wi-Fi соединения. Эти модули обеспечивают постоянную связь между контроллерами и системой мониторинга, что позволяет эффективно управлять оборудованием и быстро реагировать на любые изменения параметров.

Выбор компонентов системы

Система управления и мониторинга чистым помещением состоит из следующих блоков:

- система визуализации данных и дистанционного управления;
- блок управления (щит управления вентиляцией, щит ручного и автоматического управления, щит управления и мониторинга устройствами, серверный блок);
- система HMI (Human Machine Interface).

Модуль системы визуализации данных и дистанционного управления, показанный на рисунке 2, был реализован для того, чтобы оператор смог в режиме реального времени отслеживать ключевые параметры работы чистого помещения, такие как температура, влажность, давление, уровень частиц и состояние вентиляционных систем. Для удобства управления и принятия решений предусмотрена возможность удаленного контроля через мобильные приложения. Данные отображаются в виде интерактивных графиков и таблиц, что упрощает мониторинг и диагностику потенциальных отклонений от нормы. Щит управления вентиляцией контролирует параметры воздухообмена и фильтрации, обеспечивая поддержание заданных условий в чистом помещении. Щит управления и мониторинга устройствами позволяет контролировать состояние и работу подключенных устройств, таких как очистители воздуха, фильтры, системы подачи газов и другие вспомогательные элементы. Серверный блок играет ключевую роль в обработке и хранении данных, а также обеспечивает связь между различными системными компонентами. HMI предоставляет интуитивно понятный интерфейс для взаимодействия оператора с системой управления. Она интегрирована с блоком визуализации данных и позволяет не только мониторить текущие параметры, но и управлять различными аспектами системы, включая настройку режимов работы вентиляции, контроль состояния фильтров, а также управление аварийными и предаварийными состояниями. HMI поддерживает сценарии автоматической реакции на критические события, что минимизирует время реакции на отклонения и повышает общую надежность системы.

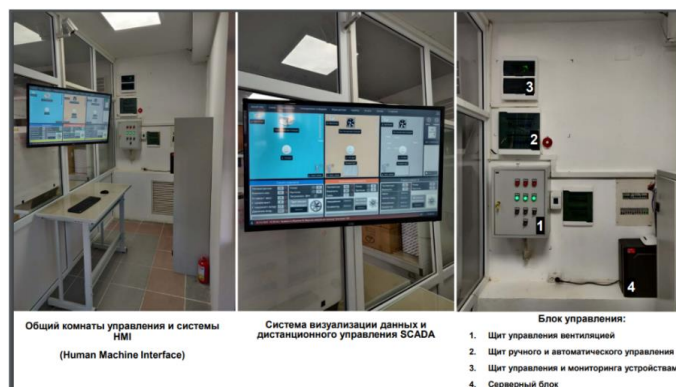


Рисунок 2 – Блоки интеллектуальной системы управления мониторинга и управления климатом

Для системы управления были выбраны сенсоры температуры, влажности и загрязняющих веществ (PM10, CO2 и другие), пожарные датчики, датчики протечки, бактерицидные лампы, которые обеспечивают точные измерения параметров окружающей среды. Контроль осуществлялся с использованием микроконтроллеров Siemens SIMATIC и Raspberry Pi, обеспечивающих сбор данных и управление исполнительными механизмами, такими как кондиционеры и системы вентиляции. Компоненты системы управления климатом отображены на рисунке 3.

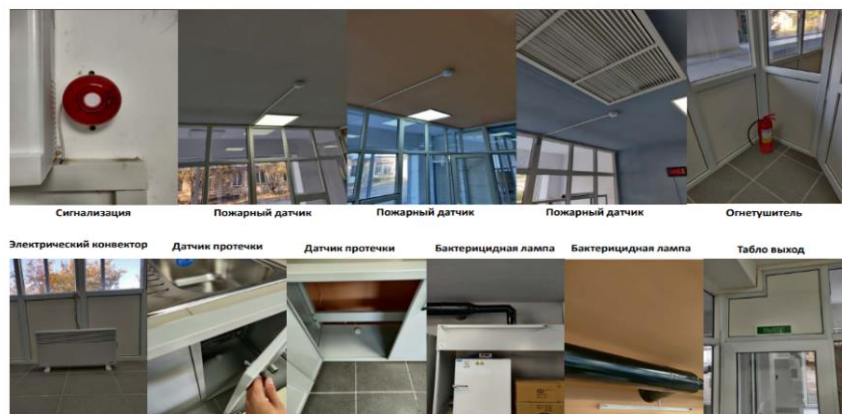


Рисунок 3 – Компоненты системы управления микроклиматом

Испытательный стенд интеллектуальной системы управления температурой и кондиционированием воздуха включает в себя:

1. Шкаф управления и контроля с свободно программируемым контроллером и модулями ввода/вывода.
2. Датчики и исполнительные механизмы, расположенные на стенде.
3. Беспроводная система сбора данных VEGA Absolute, основанная на технологии LoRaWAN.
4. Система видеонаблюдения.
5. Автоматизированное рабочее место (далее АРМ) с установленным программным обеспечением SCADA Genesis64.

Система была интегрирована с платформой SCADA Genesis64, которая позволяет контролировать состояние системы в режиме реального времени, собирать данные с сенсоров и осуществлять предиктивную аналитику для оптимизации работы оборудования. Для беспроводной передачи данных использовалась технология LoRaWAN, которая обеспечивала надежную связь между сенсорами и центральным сервером, которая показана на рисунке 4. Для интеграции в систему мониторинга и связи между устройствами был выбран протокол ModBus TCP, работающий в сети Ethernet, где каждый IP-адрес устройства служит его уникальным идентификатором. Обычно устройства находятся в одной подсети, а их IP-адреса отличаются лишь последними цифрами (например, 192.168.1.20), что характерно для использования маски подсети 255.255.255.0. Взаимодействие устройств осуществляется через Ethernet-интерфейс с использованием протокола TCP/IP, а для связи применяется TCP-порт 502.

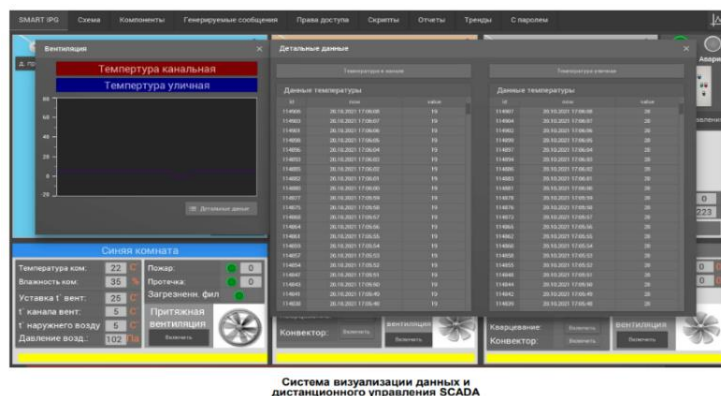


Рисунок 4 – Система для дистанционного управления при помощи SCADA

Для удаленного мониторинга и управления было разработано мобильное приложение, показанное на рисунке 5. В приложении отображаются сведения о температуре, включение и выключение света, отопления и трех вентиляционных систем в чистой комнате.

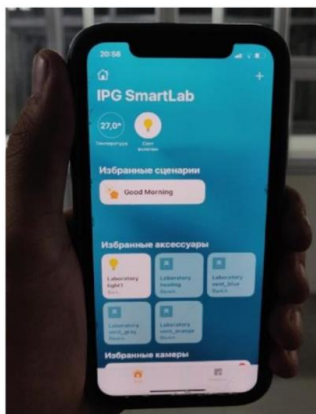


Рисунок 5 – Мобильное приложение для удаленного управления

Современные технологии автоматизации и Интернета вещей (IoT) радикально изменяют подходы к управлению микроклиматом в чистых помещениях, где стабильность параметров воздуха и температурного режима имеет критическое значение [4]. Применение SCADA и IoT открывает новые возможности для точного и непрерывного контроля этих параметров. Малейшие колебания температуры и влажности могут повлиять на качество продукции или безопасность сотрудников, интеллектуальные системы управления обеспечивают необходимый уровень автоматизации. Интернет вещей позволяет системе в режиме реального времени собирать данные с большого количества сенсоров, таких как датчики температуры, влажности, уровня загрязнений, и оперативно корректировать работу оборудования. Это снижает зависимость от ручного управления и повышает точность поддержания заданных параметров [5].

Основным преимуществом разработанной системы управления и мониторинга на базе IoT и SCADA является возможность автоматического управления микроклиматом на основе реальных данных. Системы могут адаптировать свои действия в зависимости от изменения условий, например, снижая мощность вентиляционных систем в периоды, когда не требуется активная циркуляция воздуха, что позволяет экономить энергию. Автоматизация позволяет сократить энергозатраты на 15-20%, что значительно снижает общие эксплуатационные расходы [6].

Системы управления микроклиматом могут быть интегрированы с облачными платформами для хранения и анализа данных, что позволяет проводить долгосрочный мониторинг и анализ изменений параметров микроклимата. Такие системы также могут быть использованы для оптимизации управления энергопотреблением в других областях, включая производственные и исследовательские помещения, где важно поддерживать стабильные условия.

Результаты исследования

В ходе исследования были достигнуты следующие результаты:

1. Система продемонстрировала высокую точность измерений: точность сенсоров составила около 99%. Это позволяет использовать систему в критически важных областях, таких как медицина и фармацевтика, где стабильные параметры окружающей среды являются ключевыми.

2. Благодаря автоматизации процессов управления системой вентиляции и кондиционирования воздуха удалось снизить энергопотребление на 20%. Система регулирует работу оборудования в зависимости от текущих параметров микроклимата, что предотвращает перерасход ресурсов.

3. Интеллектуальная система управления обеспечивала поддержание стабильной температуры и влажности в пределах заданных значений. Отклонения от нормы не превышали 2%, что подтверждает высокую эффективность управления.

4. Внедрение системы позволило значительно сократить необходимость ручного управления и контроля. Система автоматически регулирует параметры микроклимата и информирует оператора через систему уведомлений (Telegram, Яндекс Алиса) о любых изменениях или неисправностях, что минимизирует человеческий фактор.

5. Система успешно интегрирована с облачными платформами, что позволяет хранить и анализировать данные за продолжительный период времени. Это открывает возможности для масштабирования системы и её использования на других объектах, включая производственные предприятия и лаборатории.

Результаты исследования показали, что разработанная система может существенно повысить эффективность управления микроклиматом в чистых помещениях, снизить затраты на энергоресурсы и обеспечить стабильные условия для работы оборудования и персонала.

Список литературы

1. Wang K. Internet of Things (IoT)-Based Smart City with Urban Computing / K. Wang, L. Wang, Y. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2021. – № 17(4). – P. 2245-2255.
2. Madakam S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. / S. Madakam, R. Ramaswamy, S. Tripathi // Journal of Computational Chemistry. – 2015. – № 3. – P. 164-173.
3. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions / J. Gubbi et al // Future Generation Computer Systems/ – 2013. – № 29(7). – P. 1645-1660.
4. Numerical simulation of energy systems to control environment microclimate / A. Genco et al // Int J Heat & Tech. – 2016. – Vol. 34, № Special Issue 2. – P. S545-S552. <https://doi.org/10.18280/ijht.34Sp0249>.
5. University of Wisconsin, Madison. Energy Simulation Software, from <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/index.html>.
6. Nik V.M. Assessing the efficiency and robustness of the retrofitted building envelope against climate change / V.M. Nik, E. Mata, A.S. Kalagasidis // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 78. – P. 955-960. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.031>.
7. Dynamic modeling and simulation of buildings energy performance based on different climatic conditions / A. Genco et al // Int J Heat & Tech. – 2015. – Vol. 33, № 4. – P. 107-116. <https://doi.org/10.18280/ijht.330414>.
8. A genetic optimization of a hybrid organic Rankine plant for solar and low-grade, energy sources / D. Scardigno et al // Energy. – 2015. – Vol. 91. – P. 807-815. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.066>.
9. Fadaee M. Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: A review / M. Fadaee, M.A.M. Radzi // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16, № 5. – P. 3364-3369. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.071>.
10. HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage / E.H. Mathews et al // Energy and Buildings. – 2001. – Vol. 33, № 8. – P. 853-863. [https://doi.org/10.1016/S03787788\(01\)00075-5](https://doi.org/10.1016/S03787788(01)00075-5).
11. Congradac V. HVAC system optimization with CO2 concentration control using genetic algorithms / V. Congradac, F. Kulic // Energy and Buildings. – 2009. – Vol. 41, № 5. – P. 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.12.004>.
12. Fong K.F. HVAC system optimization for energy management by evolutionary programming / K.F. Fong, V.I. Hanby, T.T. Chow // Energy and Buildings. – 2006. – Vol. 38, № 3. – P. 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.12.004>.
13. Fong K.F. System optimization for HVAC energy management using the robust evolutionary algorithm / K.F. Fong, V.I. Hanby, T.T. Chow // Applied Thermal Engineering. – 2009. – Vol. 29, № 11-12. – P. 2327-2334. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.11.019>.
14. Xu L.D. Internet of Things in Industries: A Survey / L.D. Xu, W. He, S. Li // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2014. – № 10(4). – P. 2233-2243.
15. Atzori L. The Internet of Things: A Survey / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // Computer Networks. – 2010. – № 54(15). P. – 2787-2805.
16. Internet of Things: Vision, Applications, and Research Challenges / D. Miorandi et al // Ad Hoc Networks. – 2012. – № 10(7). – P. 1497-1516.
17. Wang K. Internet of Things (IoT)-Based Smart City with Urban Computing / K. Wang, L. Wang, Y. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2021. – № 17(4). – P. 2245-2255.

18. Madakam S. Internet of Things (IoT): A Literature Review / S. Madakam, R. Ramaswamy, S. Tripathi // Journal of Computational Chemistry. – 2015. – № 3. – P. 164-173.
19. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions / J. Gubbi et al // Future Generation Computer Systems. – 2013. – № 29(7). – P. 1645-1660.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось за счет гранта Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан BR24993051 «Разработка интеллектуальной городской системы на основе IoT и анализа данных» (2024-2026).

Б.Т. Иманбек^{1,2}, Ж.Е. Байғараева^{1,2}, А.К. Болтабоева^{1,2}, Ж.Б.Кальпеева¹, А.Б. Копенов²

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Қ. Сәтбаев к-сі, 22

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

ИОТ ЖӘНЕ SCADA НЕГІЗІНДЕ ТАЗА БӨЛМЕЛЕРДЕГІ КЛИМАТТЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ

Мақалада медициналық және өнеркәсіптік нысандар үшін автоматтандырылған мониторинг жүйесін құру жобасы аясында орындалған Заттар интернеті (IoT) технологиялары негізінде таза үй-жайлардың параметрлерін басқарудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу және енгізу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Таза бөлмелердегі микроклиматты басқарудың технологиялық процесінің заңдылықтары, оның ішінде температураны, ылғалдылықты және ауа сапасын бақылау, бұл жүйенің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді. IoT сенсорлары мен SCADA платформасы қолдайтын жүйенің ұтымды жұмыс режимдері қоршаған ортаның тұрақты параметрлерін қамтамасыз етеді, бұл медициналық жабдықтың тиімділігін арттырады және қуат тұтынуды азайтады. Бақылау дәлдігін арттыру және таза бөлмелердегі оңтайлы жағдайларды сақтау кезінде энергия шығынын азайтуға, сондай-ақ деректерді қашықтан басқару және талдау үшін бұлттық платформалармен интеграциялауға мүмкіндік беретін басқару жүйесінің конструктивті ерекшелігі ұсынылған.

Түйін сөздер: заттар интернеті (IoT), SCADA, таза бөлмелер, микроклиматты басқару, автоматтандыру, ауа мониторингі, температура, ылғалдылық.

B.T. Imanbek^{1,2}, Zh.E. Baigarayeva^{1,2}, A.K. Boltaboyeva^{1,2}, Zh.B. Kalpeyeva¹, A.B. Kopenov²

¹Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, K. Satpayev str., 22

²Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave. 71

*e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com

AN INTELLIGENT CLIMATE MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM FOR CLEAN ROOMS BASED ON IOT AND SCADA

The article presents the results of research on the development and implementation of an intelligent control system for cleanroom parameters based on Internet of Things (IoT) technologies, carried out as part of a project to create an automated monitoring system for medical and industrial facilities. The regularities of the technological process of microclimate management in clean rooms, including temperature, humidity and air quality control, have been established, which ensures high accuracy and reliability of the system. The rational operating modes of the system, supported by IoT sensors and the SCADA platform, ensure stable environmental parameters, which increases the efficiency of medical equipment and reduces energy consumption. A design feature of the control system is proposed, which allows reducing energy consumption while increasing the accuracy of monitoring and maintaining optimal conditions in clean rooms, as well as integration with cloud platforms for remote monitoring and data analysis.

Key words: internet of things, SCADA, clean rooms, climate control, automation, air monitoring, temperature, humidity.

Information about the authors

Baglan Talgatkyzy Imanbek – PhD, Acting Associate Professor, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Zhanel Yermashkyzy Baigarayeva* – master of technical sciences, Al Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Assiya Kublandikyzi Boltaboyeva – master of technical sciences, Al Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Zhuldyz Beishenaliyevna Kalpeeva – Ph.D., Associate Professor, Director of the Institute of Automation and Information Technology, KazNITU named after K.Satpayev, Almaty; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Abay Baibolatovich Kopenov – 3rd year bachelor of the Department of «Artificial Intelligence and Big Data», Al-Farabi Kazakh National University, Almaty; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Авторлар туралы ақпарат

Бағлан Талғатқызы Иманбек – техника ғылымдарының кандидаты, м.а доцент, аға оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Жанель Ермашқызы Байғараева* – 3 курс магистранты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Асия Кубландикызы Болтабоева – магистр, 1 курс аспирант, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Жулдыз Бейшеналиевна Кальпеева – т.ғ.к., доцент, Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институтының директоры, Қ.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Абай Байболатұлы Көпенов – «Жасанды интеллект және үлкен деректер» кафедрасының 3 курс бакалавры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Информация об авторах

Бағлан Талғатқызы Иманбек – кандидат технических наук, и.о. доцента, старший преподаватель, Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы; e-mail: baglan.imanbek@kaznu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7249-380X>.

Жанель Ермашқызы Байғараева* – магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы; e-mail: zhanel.baigarayeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-3570>.

Асия Кубландикызы Болтабоева – магистр, аспирант 1 курса, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы; e-mail: boltaboyeva_assiya3@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-9910>.

Жулдыз Бейшеналиевна Кальпеева – кандидат технических наук, доцент, директор Института автоматизации и информационных технологий, КазНITU им. К.Сатпаева, Алматы; e-mail: z.kalpeyeva@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4970-3095>.

Абай Байболатович Көпенов – бакалавр 3-го курса кафедры «Искусственный интеллект и Big Data, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы; e-mail: kopenov_abay@live.kaznu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4054-1388>.

Received 29.11.2024

Revised 06.11.2024

Accepted 09.11.2024