

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/PXLE1275>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/CEEI7110>***Ж. Р. Баденова¹, Н. К. Ердыбаева², А. М. Акаев³**^{1,2,3}Восточно-Казахстанский технический университет

имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7326-1714>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0314-0503>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9390-5703>*e-mail: janara1993m@mail.ru

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ СЕТЯМИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье рассматриваются современные подходы к разработке и оптимизации интеллектуальных систем управления тепловыми сетями с целью повышения энергоэффективности. В условиях роста потребления энергии и усиления требований по сокращению углеродного следа эффективное управление тепловыми сетями становится необходимостью. Для решения этой проблемы предлагается использование инновационных технологий, таких как алгоритмы машинного обучения и анализ больших данных, которые позволяют более точно прогнозировать потребности в тепле и оптимизировать распределение тепловых ресурсов. Целью исследования является разработка интеллектуальной системы управления, способной оптимизировать распределение тепла в тепловых сетях с учетом динамичных изменений потребности в энергии. В статье представлен анализ существующих технологий управления тепловыми сетями, выявлены их недостатки, такие как высокая централизованность управления и недостаточная гибкость в реагировании на изменения потребностей.

Методология исследования включает описание архитектуры системы, основанной на интеграции сенсоров, контроллеров и вычислительных мощностей для сбора данных о состоянии сети в реальном времени. Прогнозирование потребления тепла осуществляется с помощью алгоритмов машинного обучения,

включая регрессионные модели, нейронные сети и методы временных рядов, что позволяет учитывать различные факторы, влияющие на потребление тепла.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, управление тепловыми сетями, энергоэффективность, оптимизация процессов, автоматизация, машинное обучение, интернет вещей.

Введение

Интеллектуальные информационные системы (ИС) стали неотъемлемой частью автоматизации и управления сложными объектами благодаря использованию искусственного интеллекта (ИИ). Они основываются на теоретических достижениях кибернетики, алгоритмов, современных информационных технологий, накопленных знаниях и машинного обучения. ИС способны решать задачи с неопределёнными данными, адаптироваться и учиться, что делает их гибкими и применимыми в условиях неопределённости.

Статья [1, с. 65–83] посвящена анализу текущего состояния и перспектив развития систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) в контексте их цифровизации и интеллектуализации. Выделены ключевые направления, такие как математическое моделирование режимов, идентификация фактического состояния систем по данным измерений, оптимизация режимов работы и разработка соответствующего программного обеспечения. Представлен аналитический обзор современных научно-методических разработок в области моделирования гидравлических, температурных и теплогидравлических режимов СЦТ. Обсуждаются методы оптимизации режимов работы для повышения энергоэффективности и надежности систем.

Данная статья представляет собой ценный обзор текущего состояния и перспектив интеллектуализации СЦТ, и предполагает направления для дальнейших исследований и практических разработок в области IoT и машинного обучения.

В статье [2, с. 430] подчеркивается важность управления энергопотреблением в умных домах для достижения устойчивого развития. Интеграция систем управления домашней энергией (HEMS) с технологиями машинного обучения (ML) позволяет значительно улучшить энергоэффективность, сократить расходы и минимизировать воздействие на окружающую среду. Работа [2, с. 430] основана на многомерной архитектуре LSTM для прогнозирования энергопотребления.

Авторы сравнили несколько моделей: ARIMA, SARIMAX, авто-ARIMA и LSTM. Модель LSTM показала лучшие результаты: MSE: 0.02284 (минимальная среднеквадратическая ошибка); RMSE: 0.15113; MAE:

0.123; R^2 : 0.694, [2, с. 430]. Исследование подтверждает, что использование технологий ML в умных домах позволяет существенно повысить точность прогнозирования энергопотребления. Применение LSTM моделей способствует сокращению энергопотерь и повышению устойчивости энергосистем.

Роль технологий Интернета вещей (IoT) и машинного обучения (ML) в создании умных городов, ориентированных на сбор, обработку и использование данных рассматриваются в статье [3, с. 1607–1637]. Здесь были изучены проблемы внедрения, такие как защита данных и конфиденциальность, проблемы безопасности и устойчивости сетей, этические аспекты автоматизации решений, недостаток квалифицированных кадров и сложность межсекторного сотрудничества и кейсы успешного внедрения.

В [3, с. 1607–1637] прогнозируются будущие исследования по разработке новых алгоритмов обработки данных и аналитических инструментов, по оптимизации методов интеграции IoT-устройств и ML-систем, и по исследованию гибридных систем хранения данных и вычислительных платформ. В недавней литературе методы машинного обучения (ML), а в последнее время и методы глубокого обучения (DL) использовались в нескольких исследованиях для реализации мер противодействия кибератакам в SG-CPS, [4, с. 1268–1290]. Тем не менее, достижение высокой производительности этих современных методов ограничивается определенными проблемами, включая оптимизацию гиперпараметров, извлечение и выбор признаков, отсутствие прозрачности моделей, конфиденциальность данных и отсутствие данных об атаках в режиме реального времени. В статье [4, с. 1268–1290] рассматривается прогресс в использовании методов ML и DL для мер противодействия кибербезопасности в SG-CPS. В литературе [4, с. 1268–1290] анализируются ограничения, которые необходимо устранить для повышения производительности и достижения внедрения в реальном времени. Также обсуждаются различные типы кибератак, требования кибербезопасности, стандарты и протоколы безопасности для создания всестороннего понимания контекста кибербезопасности в SG-CPS.

Авторы [5, с. 3654–3670] тщательно разбирают современные модели глубокого обучения, включая нейронные сети и ансамблевые методы, и оценивает их эффективность с помощью подробного обзора алгоритмов и фреймворков. Раздел методологии систематически сравнивает эти методы с традиционными методами прогнозирования с использованием показателей производительности, таких как MAPE, RMSE и MSE, обеспечивая всестороннюю оценку их точности и масштабируемости. Значительным вкладом в литературу [5, с. 3654–3670] является рассмотрение реальных

приложений и тематических исследований, которые демонстрируют, как методы ML и DL решают практические проблемы в управлении энергией, такие как стабильность сети и прогнозирование спроса. Кроме того, обзор представляет новые перспективы интеграции вероятностного прогнозирования и ансамблевых методов, которые предлагают инновационные подходы к управлению неопределенностями спроса на энергию. Выявляя текущие ограничения и предлагая будущие направления исследований, этот обзор не только способствует пониманию приложений DL и ML в интеллектуальных сетях, но и обеспечивает основу для будущих разработок в этой развивающейся области.

В [6, с. 1235–1253] авторы предлагают основанную на машинном обучении стекированную структуру для обнаружения вредоносной активности в интеллектуальной сети. Предлагаемая основанная на данных стекированная ансамблевая модель обнаруживает честных и аномальных потребителей в два этапа. Результаты моделирования показывают, что предлагаемая структура повысила энергетическую безопасность и преодолевает влияние краж на интеллектуальную сеть, что важно при разработке и оптимизации интеллектуальных систем управления тепловыми сетями на основе алгоритмов машинного обучения.

Статья [7, с. 108304] исследует применение методов машинного обучения (ML) и техник балансировки данных для оценки стабильности интеллектуальных энергосетей. Для обучения ML-моделей необходимы сбалансированные данные. Статья предлагает подходы к оценке стабильности сети с использованием ML и сбалансированных данных, что позволяет своевременно выявлять потенциальные риски и принимать превентивные меры. В [7, с. 108304] приведены примеры успешного применения предложенных методов в реальных энергосистемах, демонстрируя их эффективность в повышении стабильности и надежности сетей.

В [8, с. 100856] работе авторы приходят к выводу, что применение AI и ML в V2G-технологиях открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости энергосистем. А авторы научной статьи [9, с. 100945] предлагают уникальный метод обнаружения неисправностей в интеллектуальных энергосетях, основанный на мониторинге данных и их классификации с использованием нечеткой модели машинного обучения. Для отслеживания данных из интеллектуальной сети используется улучшенное интеллектуальное сенсорное измерение, выполняемое в облаке на периферии сети. Затем для классификации отслеживаемых данных применяется нечеткая модель машинного обучения. Предложенная методика в [9, с. 100945] литературе достигла следующих показателей: точность – 93%, пропускная способность – 94 %, надежность – 81 %, средняя точность: 89%,

масштабируемость – 92 %. На основании результатов экспериментального анализа, авторы приходят к выводу, что улучшенные технологии мониторинга и предсказательные методы могут повысить потенциал использования текущей сети и снизить частоту неисправностей.

Анализ представленных научных работ демонстрирует, что машинное обучение (ML), искусственный интеллект (AI) и технологии Интернета вещей (IoT) занимают особое место в разработке интеллектуальных систем управления различными компонентами энергосетей, включая тепловые сети.

В отечественной литературе имеются работы, посвященные интеллектуальным системам управления тепловыми сетями с использованием методов машинного обучения. Например, статья [10, с. 29–38] рассматривает применение нейронных сетей для прогнозирования и управления тепловыми нагрузками в городских системах теплоснабжения.

В Казахстане активно развиваются исследования в области применения машинного обучения и искусственного интеллекта в различных отраслях, включая энергетический сектор. Однако конкретных публикаций, посвященных интеллектуальным системам управления тепловыми сетями с использованием машинного обучения, в открытых источниках недостаточно. Тем не менее, в отечественных высших учебных заведениях и научно-исследовательских учреждениях ведутся работы, связанные с применением технологий машинного обучения в энергетике и смежных областях. Например, в Восточно-Казахстанском техническом университете им. Д. Серикбаева проводятся исследования по анализу данных и машинному обучению для различных приложений, [11]. Кроме того, в Казахстанско-Британском техническом университете издается научный рецензируемый журнал, в котором публикуются статьи по актуальным вопросам информационных технологий и их применения в промышленности, [12, с. 28–41], [13, с. 56–68].

Материалы и методы

Система управления процессами тепловых электрических станций, тепловых сетей и связанных с ними объектов в Казахстане основана на следующих ключевых принципах и технологиях:

Автоматизация управления:

- применение систем управления на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), таких как Siemens S7, Schneider Electric, ABB и других;
- использование SCADA-систем (например, SIMATIC PCS7, TIA Portal) для мониторинга, управления и диспетчеризации технологических процессов.

Централизованный контроль и диспетчеризация:

- внедрение централизованных диспетчерских пунктов для управления объектами тепловых электростанций (ТЭС) и тепловых сетей;

- интеграция автоматизированных рабочих мест (АРМ) для операторов. Сетевые технологии и передача данных:
- применение промышленных сетей передачи данных (Profinet, Modbus, Ethernet/IP);
- использование распределенных систем управления (DCS) для комплексного управления производственными процессами.
- Системы безопасности и защиты:
- внедрение аварийных систем сигнализации (ASU), защиты оборудования и предотвращения аварийных ситуаций;
- резервирование оборудования для повышения надежности и минимизации сбоев.
- Интеграция информационных технологий:
- использование технологий Интернета вещей (IoT) для удаленного мониторинга и управления;
- применение больших данных (Big Data) и методов машинного обучения (ML) для анализа, прогнозирования и оптимизации режимов работы.

Результаты и обсуждение

В нашей работе мы хотим показать реконструкцию автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) багерной насосной №3 на ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ», которая демонстрирует современные подходы к автоматизации в энергетическом секторе. В проекте реализована двухуровневая архитектура с использованием резервированных контроллеров Siemens S7-410-5H, станций ввода-вывода ET200SP HA и сети Profinet для надежной передачи данных.

Основные достижения заключаются в обеспечении непрерывного мониторинга, управления и диагностики технологического процесса с использованием программного обеспечения SIMATIC PCS7. Важное значение имеет интеграция автоматизированных рабочих мест (АРМ), поддерживающих процессы управления, анализа и архивирования данных. Система удовлетворяет всем требованиям промышленной автоматизации, включая сбор и обработку данных в реальном времени, контроль технологических параметров, управление электроприводами и запорной арматурой, а также поддержку аварийных сигналов. Особое внимание уделено безопасности, обеспечению энергонезависимого хранения данных и резервированию питания. В перспективе возможно дальнейшее расширение функционала системы благодаря заложенным резервам модулей ввода-вывода, что позволит адаптировать систему к изменениям производственного процесса. Это делает предложенные решения устойчивыми и перспективными в условиях модернизации энергетических объектов. Для обеспечения точности прогнозирования тепловой нагрузки целесообразно использовать

модели временных рядов, включая LSTM, ARIMA и ансамблевые методы. Применение данных о погодных условиях, уровне нагрузки и фактическом потреблении тепловой энергии позволяет повысить достоверность прогнозов, обеспечивая адаптивное управление ресурсами.

Оптимизация управления тепловыми сетями достигается за счет внедрения методов обучения с подкреплением, направленных на динамическое регулирование температуры и потоков теплоносителя. Использование нечетких логических систем способствует эффективной работе сетей в условиях высокой степени неопределенности параметров.

Автоматическое обнаружение неисправностей возможно благодаря применению алгоритмов классификации и нечетких моделей машинного обучения. Это позволяет своевременно идентифицировать сбои в системе, прогнозировать аварийные ситуации и предотвращать тепловые потери, минимизируя эксплуатационные риски.

Информация о финансировании

Выражаем благодарность за предоставленную информацию по реконструкции АСУ ТП багерной насосной №3 в ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ» ТОО «Синетик» города Усть-Каменогорск, а также АО «Усть-Каменогорские Тепловые сети».

Выводы

В результате проведенного анализа современных подходов к разработке и оптимизации интеллектуальных систем управления тепловыми сетями на основе алгоритмов машинного обучения были выделены ключевые направления, требующие дальнейшего научного изучения и технического развития. Установлено, что интеграция технологий машинного обучения и Интернета вещей (IoT) обеспечивает высокую точность прогнозирования тепловой нагрузки, оптимизацию управления энергопотоками, оперативное обнаружение неисправностей и повышение общей надежности системы.

Предложенные подходы обеспечивают повышение эффективности использования энергоресурсов, снижение эксплуатационных затрат и минимизацию воздействия на окружающую среду. Ожидается, что результаты исследования будут способствовать дальнейшему развитию умных городов и цифровой энергетической инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Новицкий, Н. Н., Шалагинова, З. И., Алексеев, А. В., Токарев, В. В., Гребнева О. А., Луценко А. В., Вантеева О. В. Современное состояние, тенденции и задачи интеллектуализации систем теплоснабжения (обзор) [Текст] // Теплоэнергетика. – 2022. – № 5. – 65–83 с.

2 **Khan, M. A., Sabahat, Z., Farooq, M. S., Saleem, M., Abbas, S., Ahmad, M., Mazhar, T., Shahzad, T., Saeed, M. M.** Optimizing smart home energy management for sustainability using machine learning techniques [Текст]. Discover Sustainability. – 2024. – № 5 430 p.

3 **Ullah, A., Anwar, S. M., Li, J., Nadeem, L., Mahmood, T., Rehman, A., Saba, T.** Smart cities: the role of Internet of Things and machine learning in realizing a data-centric smart environment [Текст]. Complex & Intelligent Systems, – 2024. – 10: 1607–1637 p.

4 **Hasan, M. K., Abdulkadir, R. A., Islam, S., Gadekallu, T. R., Safie, N.** A review on machine learning techniques for secured cyber-physical systems in smart grid networks [Текст]. Energy Reports, – 2024. Volume 11. – 1268–1290 p.

5 **Biswal, B., Deb, S., Datta, S., Ustun, T. S., Cali U.** Review on smart grid load forecasting for smart energy management using machine learning and deep learning techniques [Текст]. Energy Reports, – 2024. Volume 12. – 3654–3670 p.

6 **Hashim, M., Khan, L., Javaid, N., Ullah, Z., Javed, A.** Stacked machine learning models for non-technical loss detection in smart grid: A comparative analysis [Текст]. Energy Reports, – 2024. Volume 12. – 1235–1253 p.

7 **Allal, Z., N.Noura, H., Salman, O., Chahine, K.** Leveraging the power of machine learning and data balancing techniques to evaluate stability in smart grids [Текст]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, – 2024. Volume 133 Part C, – 108304 p.

8 **Munusamy, N., Vairavasundaram, I.** AI and Machine Learning in V2G technology: A review of bi-directional converters, charging systems, and control strategies for smart grid integration [Текст]. e-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, – 2024. Volume 10. –100856 p.

9 **Chen, T., Liu, C.** Soft computing based smart grid fault detection using computerised data analysis with fuzzy machine learning model [Текст]. Sustainable Computing: Informatics and Systems, – 2024. Volume 41, –100945 p.

10 **Нетбай, Г. В., Онискив, В. Д., Столбов, В. Ю., Каримов, Р. Р.** Прогнозное управление локальной городской системой теплоснабжения на основе нейросетевого моделирования [Текст]. Вестник ЮУрГУ, Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника», – 2020. Т. 20, № 3, – 29–38 с.

11 **Богуславский, А. А., Боровин, Г. К., Карташев, В. А., Павловский, В. Е., Соколов, С. М.** Модели и алгоритмы для интеллектуальных систем управления [Текст]. М. : ИПМ им.М.В.Келдыша, –2019. – 228 с.

12 **Самигулина, З. И., Курмашева, А. К., Қазбек, М. К.** Разработка системы автоматизации процессом отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для пищевой промышленности на оборудовании

фирмы HONEYWELL [Текст]. Вестник Казахстанско-Британского технического университета, – 2024. 21 (1), 28–41 с.

13 Нурлыбаева, Э. Н., Ташенова, Ж. М., Аманжолова, Ш. А., Сатымбеков, М. Н. Интерфейсная обработка программных продуктов, определяющая тепломеханическое состояние стержня [Текст]. Вестник Казахстанско-Британского технического университета, – 2021. Том 18(3) : 56–68 с.

REFERENCES

1 Novickij, N. N., Shalaginova, Z. I., Alekseev, A. V., Tokarev, V. V., Grebneva, O. A., Lucenko, A. V., Vanteeva, O. V. Sovremennoe sostoyanie, tendencii i zadachi intellektualizacii sistem teplosnabzheniya (obzor). [Intellectualization of Heat-Supply Systems: Current State, Trends and Tasks (a Review)] [Text]. Teploenergetika. – 2022. – № 5. – 65–83 с.

2 Khan, M. A., Sabahat, Z., Farooq, M. S., Saleem, M., Abbas, S., Ahmad, M., Mazhar, T., Shahzad, T., Saeed, M. M. Optimizaciya upravleniya energopotrebleniem umnogo doma v celyah ustojchivogo razvitiya s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obucheniya [Optimizing smart home energy management for sustainability using machine learning techniques] [Text]. Discover Sustainability. – 2024. – № 5 430 p.

3 Ullah, A., Anwar, S. M., Li, J., Nadeem, L., Mahmood, T., Rehman, A., Saba, T. Umnye goroda: rol' Interneta veshchej i mashinnogo obucheniya v sozdanii intellektual'noj sredy, orientirovannoj na dannye [Smart cities: the role of Internet of Things and machine learning in realizing a data-centric smart environment] [Text]. Complex & Intelligent Systems, – 2024. – 10: 1607–1637 p.

4 Hasan, M. K., Abdulkadir, R. A., Islam, S., Gadekallu, T. R., Safie, N. Obzor metodov mashinnogo obucheniya dlya zashchishchennyh kiberfizicheskikh sistem v setyah smart grid [A review on machine learning techniques for secured cyber-physical systems in smart grid networks] [Text]. Energy Reports, – 2024. Volume 11. – 1268–1290 p.

5 Biswal, B., Deb, S., Datta, S., Ustun, T. S., Cali, U. Obzor intellektual'nogo prognozirovaniya nagruzki na energosistemu dlya intellektual'nogo upravleniya energopotrebleniem s ispol'zovaniem metodov mashinnogo obucheniya i glubinnogo obucheniya [Review on smart grid load forecasting for smart energy management using machine learning and deep learning techniques] [Text]. Energy Reports, – 2024. Vol. 12. – 3654–3670 p.

6 Hashim, M., Khan, L., Javaid, N., Ullah, Z., Javed, A. Kompleksnye modeli mashinnogo obucheniya dlya obnaruzheniya netekhnicheskikh poter' v intellektual'nyh setyah : sravnitel'nyj analiz [Stacked machine learning models

for non-technical loss detection in smart grid : A comparative analysis] [Text]. Energy Reports, – 2024. Vol. 12. – 1235–1253 p.

7 **Allal, Z., N. Noura, H., Salman, O., Chahine, K.** Ispol'zovanie vozmozhnostej mashinnogo obucheniya i metodov balansirovki dannyh dlya ocenki stabil'nosti intellektual'nyh setej [Leveraging the power of machine learning and data balancing techniques to evaluate stability in smart grids] [Text]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, – 2024. Vol. 133, Part C, – 108304 p.

8 **Munusamy, N., Vairavasundaram, I.** Iskustvennyj intellekt i mashinnoe obuchenie v tekhnologii V2G: obzor dvunapravlennyh preobrazovatelej, sistem zaryadki i strategij upravleniya dlya integracii v intellektual'nyuyu set' [AI and Machine Learning in V2G technology: A review of bi-directional converters, charging systems, and control strategies for smart grid integration] [Text]. e-Prime –Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, – 2024. Volume 10. –100856 p.

9 **Chen, T., Liu, C.** Obnaruzhenie neispravnostej intellektual'noj seti na osnove myagkih vychislenij s ispol'zovaniem komp'yuterizirovannogo analiza dannyh i modeli nechetkogo mashinnogo obucheniya [Soft computing based smart grid fault detection using computerised data analysis with fuzzy machine learning model] [Text]. Sustainable Computing: Informatics and Systems, – 2024. Volume 41, –100945 p.

10 **Netbaj, G. V., Oniskiv, V. D., Stolbov, V. YU., Karimov, R. R.** Prognoznnoe upravlenie lokal'noj gorodskoj sistemoy teplosnabzheniya na osnove nejrosetevogo modelirovaniya [Predictive management of a local urban heat supply system based on neural network modeling] [Text]. Vestnik YUUrGU, Seriya «Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika», – 2020. T. 20, № 3 – 29–38 c.

11 **Boguslavskij, A. A., Borovin, G. K., Kartashev, V. A., Pavlovskij, V. E., Sokolov S. M.** Modeli i algoritmy dlya intellektual'nyh sistem upravleniya [Models and algorithms for intelligent control systems] [Text]. M. : IPM im.M.V.Keldysha, – 2019. – 228 p.

12 **Samigulina, Z. I., Kurmasheva, A. K., Kazbek, M. K.** Razrabotka sistemy avtomatizacii processov otopeniya, ventilyacii i kondicionirovaniya vozduha dlya pishchevoj promyshlennosti na baze oborudovaniya honeywell [Development of a process automation system for heating, ventilation and air conditioning for the food industry on the basis of honeywell equipment] [Text]. Herald of the Kazakh-British technical university, – 2024. 21(1), 28–41 p.

13 **Nurlybayeva, E. N., Tashenova, Zh. M., Amanzholova, Sh. A., Satymbekov M. N.** Interfejsnaya obrabotka programmnyh produktov, opredelyayushchih teplovoe i mekhanicheskoe sostoyanie sterzhnya [Interface processing of software products, determining the heat and mechanical state of

the rod] [Text]. Vestnik Kazhastansko-Britanskogo tekhnicheskogo universiteta, – 2021. 18 (3): 56–68 p.

Поступило в редакцию 30.12.24

Поступило с исправлениями 13.01.25

Принято в печать 10.03.25

*Ж. Р. Баденова¹, Н. К. Ердыбаева², А. М. Акаев³

^{1,2,3}Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.

30.12.24 ж. баспаға түсті.

13.01.25 ж. түзетулерімен түсті.

10.03.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЖЫЛУ ЖЕЛІЛЕРІН БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Мақалада энергия тиімділігін арттыру мақсатында жылу желілерін басқарудың интеллектуалды жүйелерін әзірлеу мен оңтайландырудың заманауи тәсілдері қарастырылады. Энергияны тұтынудың өсуі және көміртегі ізін азайту талаптарының күшеюі жағдайында жылу желілерін тиімді басқару қажеттілікке айналады. Бұл мәселені шешу үшін жылу қажеттіліктерін дәл болжауға және жылу ресурстарын бөлуді оңтайландыруға мүмкіндік беретін машиналық оқыту алгоритмдері және үлкен деректерді талдау сияқты инновациялық технологияларды пайдалану ұсынылады. Зерттеудің мақсаты – энергия қажеттілігінің динамикалық өзгерістерін ескере отырып, жылу желілеріндегі жылудың таралуын оңтайландыруға қабілетті интеллектуалды басқару жүйесін әзірлеу. Мақалада жылу желілерін басқарудың қолданыстағы технологияларын талдау, олардың кемшіліктері, мысалы, басқарудың жоғары орталықтандырылуы және қажеттіліктердің өзгеруіне жауап берудегі икемділіктің жеткіліксіздігі көрсетілген.

Зерттеу әдістемесі нақты уақыттағы желі күйі туралы деректерді жинау үшін сенсорларды, контроллерлерді және есептеу қуатын біріктіруге негізделген жүйе архитектурасының сипаттамасын қамтиды. Жылу тұтынуды болжау Машиналық оқыту алгоритмдері арқылы жүзеге асырылады, соның ішінде регрессиялық модельдер, нейрондық желілер және уақыт сериялары

әдістері, бұл жылу тұтынуға әсер ететін әртүрлі факторларды ескеруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: интеллектуалды жүйелер, жылу желілерін басқару, энергия тиімділігі, процестерді оңтайландыру, автоматтандыру, Машиналық оқыту, Заттар интернеті.

**Zh. R. Badanova, N. K. Yerdybayeva, A. M. Akayev*

^{1,2,3}*D. Serikbayev* East Kazakhstan technical university,

Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

Received 30.12.24

Received in revised form 13.01.25

Accepted for publication 10.03.25

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF INTELLIGENT HEATING GRID MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON MACHINE LEARNING ALGORITHMS

The article discusses modern approaches to the development and optimization of intelligent heating network management systems in order to improve energy efficiency. In the face of increasing energy consumption and increasing requirements for reducing the carbon footprint, effective management of heating networks becomes a necessity. To solve this problem, it is proposed to use innovative technologies such as machine learning algorithms and big data analysis, which allow you to accurately predict heat needs and optimize the distribution of heat resources. The purpose of the study is to develop an intelligent control system capable of optimizing the distribution of heat in heating networks, taking into account dynamic changes in energy requirements. The article presents an analysis of existing technologies for managing heating networks, their shortcomings, for example, high centralization of management and insufficient flexibility in responding to changes in needs.

The research methodology includes a description of the system architecture based on the integration of sensors, controllers and computing power to collect real-time network status data. Heat consumption forecasting is performed using machine learning algorithms, including regression models, neural networks, and time series methods, which allow you to take into account various factors that affect heat consumption.

Keywords: intelligent systems, thermal grid management, energy efficiency, process optimization, automation, machine learning, Internet of Things.

Теруге 10.03.2025 ж. жіберілді. Басуға 28.03.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4358

Сдано в набор 10.03.2025 г. Подписано в печать 28.03.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4358

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz