

Баймухамедова А.М.,
старший преподаватель, djanin50@gmail.co¹

Бийбосунов Б.И.,
доктор технических наук, профессор
bbolotbek@mail.ru²

Боранбаев А.С.,
доктор PhD, профессор
askar.boranbayev@nu.edu.kz³

Университет Гази
Турция, Провинция Эмниет, ул.Бандирма, 6/1¹

Кыргызский государственный университет
имени И. Арабаева,
720026, Бишкек, ул. Раззакова, 51а²

Назарбаев университет,
010000 Астана, пр-т. Кабанбай Батыра, 53³

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается применение технологий ИИ в энергетическом секторе экономики. Приводится описание интеллектуальных сетей, осуществляющих прогнозирование потребления энергии и балансировку нагрузки. Рассмотрены основные направления применения ИИ в энергетике и промышленности. Отмечается, что ИИ формирует новую парадигму устойчивого развития, где промышленность и энергетика становятся не только экономически эффективными, но и экологически ответственными. Он объединяет технологии, данные и интеллект в единую систему, способную предвидеть, адаптироваться и совершенствоваться.

Ключевые слова: промышленность, энергетика, искусственный интеллект, технологии ИИ, интеллектуальные сети, предиктивная аналитика, экологический мониторинг.

1. Введение

Энергетический сектор Казахстана — один из ключевых потребителей технологий ИИ. Искусственный интеллект (ИИ) в последние годы становится одним из ключевых инструментов цифровой трансформации экономики.

Технологии машинного обучения, анализа больших данных, компьютерного зрения и интеллектуальной автоматизации находят применение практически во всех отраслях. Особое значение искусственный интеллект приобретает в энергетике и промышленности, где необходимо одновременно повышать производительность, снижать затраты, обеспечивать безопасность оборудования и рационально использовать природные ресурсы. Энергетические и промышленные предприятия работают с огромными массивами информации. Датчики постоянно фиксируют температуру, давление, вибрацию, расход топлива, электрическую нагрузку и множество других параметров. Анализировать такие данные вручную практически невозможно. ИИ позволяет обрабатывать их в режиме, близком к реальному времени, выявлять закономерности и помогать специалистам принимать более обоснованные решения.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта становится не просто способом автоматизации отдельных операций, а важным элементом перехода к интеллектуальному управлению энергетическими и промышленными системами.

Методология

ИИ внедряется в энергетику и промышленность в виде интеллектуальных сетей, осуществляющих прогнозирование потребления энергии и балансировку нагрузки. Интеллектуальные сети (SmartGrids) — это энергосистемы нового поколения, интегрирующие цифровые технологии, датчики и алгоритмы анализа данных. Их цель — обеспечить устойчивое управление энергопотреблением, повысить надежность и снизить издержки.

Для прогнозирования потребления энергии применяются модели машинного обучения (ARIMA, LSTM, RandomForest), позволяющие предсказывать краткосрочные и долгосрочные тренды.

В этих моделях используются данные, отражающие:

- Исторические показатели нагрузки.
- Погодные условия.
- Социально-экономические факторы (рабочие дни, праздники).

Интеллектуальные сети применяются для:

- Оптимизации генерации — снижения затрат на производство.
- Снижения пиковых нагрузок — предотвращение перегрузок сети.

Балансировка нагрузки производится путем автоматизированного управления, которое распределяет энергию между потребителями в реальном времени.

При этом используются следующие методы [1]:

DemandResponse — стимулирование потребителей снижать нагрузку в часы пик.

Энергетическое хранилище (батареи, гидроаккумуляторы) — аккумулирование излишков энергии.

Децентрализованная генерация — использование солнечных панелей и ветровых турбин для локального покрытия спроса.

Отметим следующие преимущества интеллектуальных сетей

Функция	Результат
Прогнозирование	Снижение затрат и повышение точности планирования
Балансировка	Уменьшение перегрузок и аварий
Интеграция ВИЭ	Устойчивое развитие и экологичность
Автоматизация	Повышение надежности и прозрачности

Таким образом, интеллектуальные сети объединяют прогнозирование энергопотребления и балансировку нагрузки, создавая гибкую и устойчивую энергосистему, способную адаптироваться к изменяющимся условиям.

Обзор литературы

В работе [2] авторы рассматривают основные направления применения технологий ИИ в энергетике. Приводится обзор технологий ИИ для прогнозирования, диспетчеризации и управления энергетическими объектами. Отмечается, что ИИ позволяет не только отображать состояние объекта, но и прогнозировать его поведение, выявлять аномалии и предлагать оптимальные управляющие воздействия.

Рассмотрены различные применения технологий искусственного интеллекта для энергетической отрасли в работе [3]. Одним из наиболее практически значимых направлений ИИ является Predictive Maintenance — предиктивное техническое обслуживание. Традиционная модель предполагает либо ремонт после отказа, либо обслуживание через фиксированные интервалы времени. ИИ позволяет перейти к обслуживанию на основе фактического состояния оборудования.

Сравнительный анализ методов ИИ в энергетике и промышленности приводится в работе [4]. В этих областях наиболее часто применяются:

- искусственные нейронные сети;
- рекуррентные нейронные сети;
- LSTM-сети;
- сверточные нейронные сети;
- градиентный бустинг;
- методы reinforcement learning;
- гибридные физико-ориентированные и data-driven модели.

Li и др. (2024) [5] описывают методы использования возобновляемых источников энергии, основанных на применении технологий ИИ. Они рассматривают использование ИИ на различных этапах функционирования возобновляемых энергетических систем: от оценки энергетических ресурсов и прогнозирования генерации до мониторинга, управления и интеграции ВИЭ в электрическую сеть.

КераматиФейзАбади и др. (2025) [6] рассматривают использование ИИ для энергоэффективных производственных систем. Приводится детальный обзор используемых технологий ИИ и перспективы их применения в будущем.

В работе [7] дается описание искусственного интеллекта и машинного обучения для интеллектуальных энергосетей: от фундаментальных парадигм

до новых технологий с использованием цифровых двойников и интеллекта на основе больших языковых моделей.

В материалах [8] представлены достижения в области технологии цифровых двойников и машинного обучения для энергетических систем. **Digital Twin** становится одним из наиболее перспективных направлений современной промышленной энергетики.

Цифровой двойник представляет собой динамическую цифровую модель физического объекта, связанного с ним посредством данных в реальном времени.

В энергетике цифровые двойники используются для:

- электростанций;
- трансформаторов;
- электрических сетей;
- ветрогенераторов;
- солнечных электростанций;
- аккумуляторных систем;
- промышленных установок.

Чжун и др. (2025)[9] дают оценку влияния искусственного интеллекта на энергоёмкость энергетических систем. Приводятся данные по отдельным странам.

Результаты

Важным направлением применения ИИ в энергетике является предиктивная аналитика - выявление неисправностей оборудования до аварийных ситуаций[10].

Предиктивная аналитика— это использование статистических моделей и алгоритмов ИИ для прогнозирования состояния оборудования.

Цель: раннее выявление дефектов, предотвращение аварий и оптимизация обслуживания. Ниже показана схема структуры предиктивной аналитики.



Фигура 1 — схема жизненного цикла предиктивной аналитики для выявления неисправностей оборудования.

Она наглядно показывает этапы: сбор данных обработка сигналов моделирование выявление аномалий принятие решений, объединённые в замкнутый цикл. Здесь:

- **IoT-датчики** фиксируют параметры работы.
- **Обработка сигналов** фильтрует шумы и выделяет ключевые признаки.
- **Моделирование** прогнозирует вероятность отказа.
- **Выявление аномалий** сопоставляет текущие данные с эталонными.
- **Принятие решений** генерирует сигнал о ремонте.

Таким образом, схема отражает переход от реактивного обслуживания к проактивному управлению рисками.

Основные методы предиктивной аналитики

- Анализ временных рядов — отслеживание динамики параметров (температура, вибрация, давление).
- Машинное обучение — классификация нормальных и аномальных состояний.
- Компьютерное зрение — автоматический анализ изображений и видео для выявления трещин, коррозии.
- IoT-датчики — сбор данных в реальном времени о нагрузке и внешних условиях.

Процесс предиктивного анализа

1. Сбор данных — сенсоры фиксируют параметры работы оборудования.
2. Обработка сигналов — фильтрация шумов и выделение ключевых признаков.
3. Моделирование — прогнозирование вероятности отказа.
4. Выявление аномалий — сопоставление текущих данных с эталонными.
5. Принятие решений — автоматическая генерация сигналов о необходимости ремонта.

Отметим преимущества предиктивной аналитики

Функция	Результат
Раннее выявление	Предотвращение аварийных ситуаций
Оптимизация обслуживания	Снижение затрат на ремонт
Продление ресурса	Увеличение срока эксплуатации
Безопасность	Снижение риска для персонала и населения

Практическая ценность:

- Снижение аварийности и простоев.
- Экономия бюджета за счёт перехода от планового к условному обслуживанию.
- Повышение эффективности эксплуатации оборудования.
- Применение в энергетике, транспорте, промышленности.

Таким образом, предиктивная аналитика превращает традиционное техническое обслуживание в проактивную систему управления рисками, где неисправности выявляются до их критического проявления.

Следующим направлением применения ИИ в энергетике является **экологический мониторинг** - ИИ помогает отслеживать выбросы и оптимизировать использование ресурсов.

Экологический мониторинг — это система постоянного наблюдения за состоянием окружающей среды, направленная на выявление загрязнений и контроль использования природных ресурсов[11].

С применением искусственного интеллекта процесс становится автоматизированным, точным и оперативным. На фото 1 и 2 показаны системы постоянного наблюдения за состоянием окружающей среды.



Фото 1

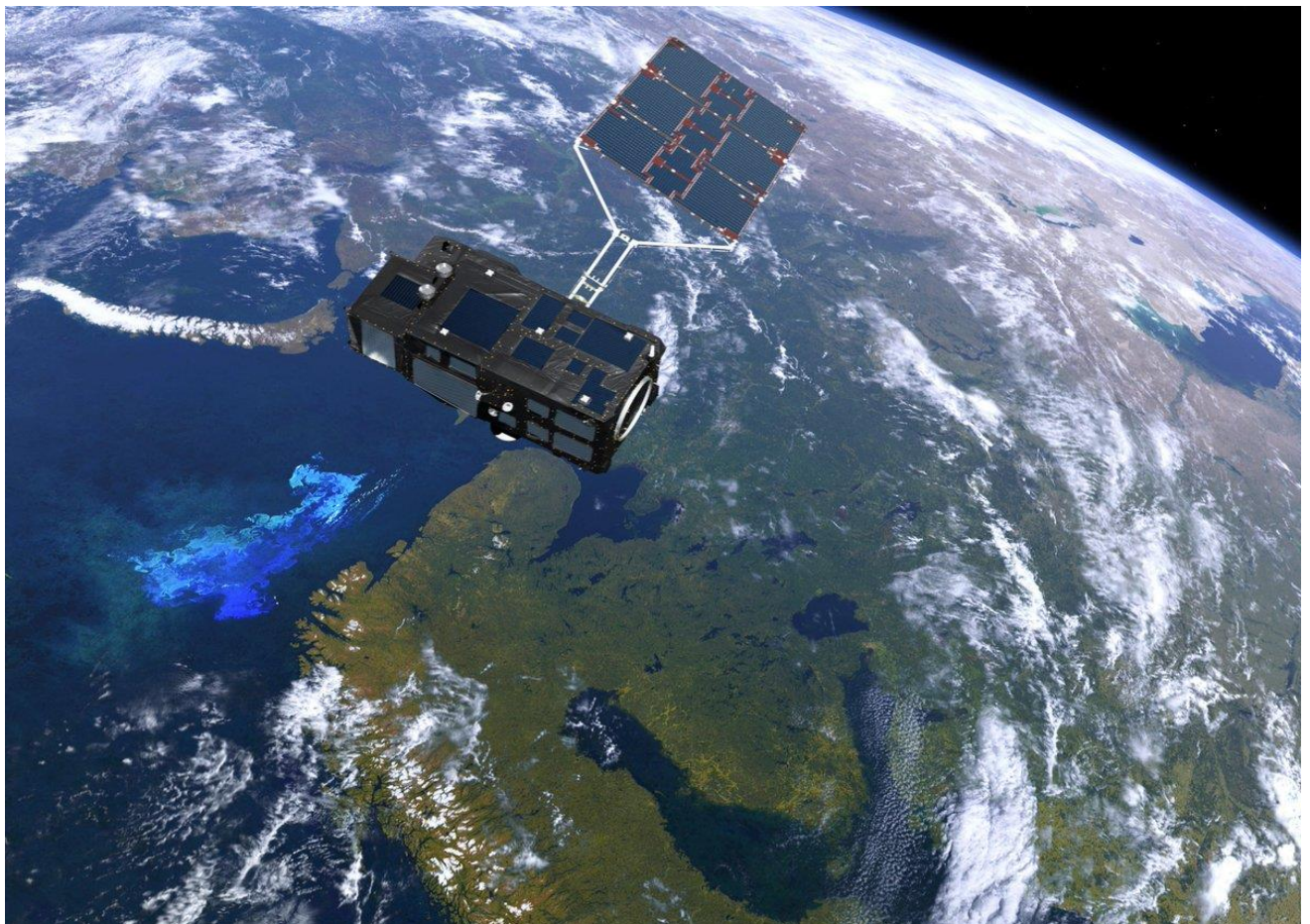


Фото 2

Фото 1 и 2 - Системы постоянного наблюдения за состоянием окружающей среды

Роль ИИ в экологическом мониторинге

- Анализ данных с датчиков - обработка информации о концентрации вредных веществ, температуре, влажности, уровне шума.
- Спутниковый мониторинг - ИИ анализирует снимки для выявления зон загрязнения воздуха, воды и почвы.
- Моделирование выбросов - прогноз динамики загрязнений на основе метеорологических и промышленных данных.
- Оптимизация ресурсов - интеллектуальные алгоритмы регулируют расход воды, электроэнергии и топлива.

Технологические решения

Технология	Применение
IoT-датчики	Сбор данных о выбросах и состоянии воздуха
Машинное обучение	Прогноз загрязнений и выявление аномалий
Компьютерное зрение	Анализ спутниковых снимков и видео
Большие данные	Сопоставление показателей из разных источников

Практическая ценность

- Снижение выбросов — раннее выявление превышений норм загрязнения.
- Рациональное использование ресурсов — автоматическая оптимизация водо- и энергопотребления [12].
- Контроль промышленных зон — анализ выбросов предприятий в реальном времени [13].
- Поддержка устойчивого развития — формирование экологически безопасных стратегий.

В Казахстане системы экологического мониторинга на основе ИИ используются для:

- анализа данных со станций мониторинга воздуха;
- прогнозирования загрязнения рек и водохранилищ;
- оптимизации работы энергетических предприятий с целью снижения выбросов CO₂.

Таким образом, экологический мониторинг с применением ИИ превращает контроль окружающей среды в интеллектуальную систему устойчивого управления, где каждое решение основано на данных и прогнозах.

Одним из наиболее важных результатов применения ИИ в энергетике является переход от простого мониторинга энергопотребления к интеллектуальной оптимизации энергопотребления.

ИИ может определять:

- где возникают энергетические потери;
- какое оборудование потребляет избыточную энергию;

- как изменение технологического режима влияет на расход энергии;
- когда выгоднее запускать энергоёмкие операции;
- какие параметры оборудования являются оптимальными.

Особый интерес представляет совместная оптимизация производительности и энергопотребления.

Например, промышленная система может выбирать режим, при котором минимизируется:

$$J = C_E E + C_P P + C_D D$$

где:

E — потребление энергии;

P — производственные затраты;

D — потери или отклонение от заданного качества;

C_E, C_P, C_D — соответствующие коэффициенты стоимости.

Заключение

Искусственный интеллект становится ключевым драйвером цифровой трансформации в энергетике и промышленности. Его внедрение обеспечивает переход от реактивных к предиктивным и адаптивным системам управления, где решения принимаются на основе анализа данных, а не интуиции.

Внедрение искусственного интеллекта в энергетику и промышленность даёт целый ряд преимуществ.

Во-первых, повышается эффективность использования ресурсов. Интеллектуальные алгоритмы помогают оптимизировать расход электроэнергии, топлива, сырья и других ресурсов.

Во-вторых, повышается надёжность оборудования. Раннее обнаружение неисправностей позволяет предотвращать аварийные ситуации.

В-третьих, сокращаются эксплуатационные расходы. Предприятие может переходить от дорогостоящего аварийного ремонта к планируемому техническому обслуживанию.

В-четвёртых, повышается безопасность работников. Роботы и автоматизированные системы могут выполнять операции в опасных условиях, где присутствие человека связано с повышенным риском.

Наконец, ИИ позволяет ускорить обработку информации. Решения, для которых человеку потребовался бы значительный объём времени, интеллектуальная система способна выполнять значительно быстрее.

Отметим основные результаты внедрения ИИ в энергетику и промышленность:

- Автоматизация процессов повышает эффективность и снижает человеческий фактор.
- Предиктивная аналитика предотвращает аварии и оптимизирует обслуживание оборудования.
- Интеллектуальные сети обеспечивают балансировку нагрузки и устойчивое энергопотребление.

- Экологический мониторинг способствует рациональному использованию ресурсов и снижению выбросов.

Стратегическое значение применения ИИ -

Таким образом, искусственный интеллект — это не просто инструмент, а основа будущей энергетической и промышленной экосистемы, где инновации служат человеку и природе одновременно.

REFERENCES

1. Zhang, T., & Strbac, G. (2025). *Novel Artificial Intelligence Applications in Energy: A Systematic Review*. *Energies*, 18(14), 3747.
2. Razmjoo, A., Asef, P., Javadi, M., Marzband, M. (2026). *A Comprehensive Review of AI-Powered Energy Systems*. *Energy Science & Engineering*.
3. Springer KI (2026). *AI in the Energy Sector*. Springer Nature.
4. International Journal of Electrical Power & Energy Systems (2026). *A comprehensive review of artificial intelligence methods in energy system applications*. ScienceDirect.
5. Li et al. (2024). *Artificial intelligence-based methods for renewable power system operation*. *Nature Reviews Electrical Engineering*, 1, 163–179.
6. Keramati Feyz Abadi et al. (2025). *Leveraging AI for energy-efficient manufacturing systems: Review and future prospectives*. *Journal of Manufacturing Systems*, 78, 153–177.
7. 2025. *Artificial intelligence and machine learning for smart grids: from foundational paradigms to emerging technologies with digital twin and large language model-driven intelligence*. *Energy Conversion and Management: X*, 28, 101329.
8. 2024. *Advancements in digital twin technology and machine learning for energy systems*. *Energy Conversion and Management: X*, 24, 100715.
9. Zhong et al. (2025). *Does artificial intelligence reduce energy intensity in manufacturing? Evidence from country-level data*. *Energy Economics*, 149, 108784.
10. Huang, C., Bu, S., Lee, H. H., et al. *Prognostics and health management for predictive maintenance: A review // Journal of Manufacturing Systems*. 2024. Vol. 75. P. 78–101.
11. Russell, S., Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. Pearson, 2020. P. 23–29.
12. 2024. *Optimizing renewable energy systems through artificial intelligence: Review and future prospects*.
13. Gao, R. X., Krüger, J., Merklein, M., Möhring, H.-C., Váncza, J. *Artificial Intelligence in manufacturing: State of the art, perspectives, and future directions // CIRP Annals*. 2024. Vol. 73, No. 2. P. 723–749.

Баймухамедова А.М.,

аға оқытушы, djanin50@gmail.co¹

Бийбосунов Б.И.,
Техника ғылымдарының докторы, профессор,
bbolotbek@mail.ru²

Боранбаев А.С.,
PhD докторы, профессор
askar.boranbayev@nu.edu.kz³

Гази университеті
Түркия, Емниет облысы, Бандырма көш., 6/1¹

И. Арабаев атындағы Қырғыз мемлекеттік университеті,
720026, Бишкек, Раззаковк-сі, 51а²

Назарбаев университеті,
010000 Астана, Қабанбай Батырдаңғылы, 53³

ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ ӨНЕРКӘСІПТЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

***Аңдатпа.** Бұл мақалада энергетика саласында ЖИ технологияларын қолдану қарастырылады. Онда энергия тұтынуды болжайтын және жүктемелерді теңестіретін ақылды желілер сипатталған. Энергетика мен өнеркәсіпте жасанды интеллектіні (ЖИ) қолданудың негізгі бағыттары қарастырылды. ЖИ өнеркәсіп пен энергетиканы тек экономикалық тұрғыдан тиімді ғана емес, сонымен қатар экологиялық жауапты ететін тұрақты дамудың жаңа парадигмасын қалыптастыратыны атап өтілді. Ол технологияны, деректерді және интеллектті болжауға, бейімдеуге және жақсартуға қабілетті бірыңғай жүйеге біріктіреді.*

***Түйінді сөздер:** өнеркәсіп, энергетика, жасанды интеллект, ЖИ технологиялар, ақылды желілер, болжамды аналитика, қоршаған ортаны бақылау.*

Baimukhamedova A.M.,
senior lecturer, djanin50@gmail.co¹

Biybosunov B.I.,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
bbolotbek@mail.ru²

Boranbayev A.S.,
PhD, Professor,
askar.boranbayev@nu.edu.kz³

Gazi University
Turkiye, EmniyetProvincem, Bandirmast., 6/1¹

Kyrgyz State University named after. I. Arabaeva,
720026,Bishkek, Razzakova street, 51a²

Nazarbayev University,
010000 Astana, ave.KabanbaiBatyr, 53³

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENERGY AND INDUSTRY

Abstract. *This article examines the application of AI technologies in the energy sector. It describes smart grids that forecast energy consumption and balance loads. The main areas of AI application in energy and industry are discussed. It is noted that AI is shaping a new paradigm for sustainable development, where industry and energy become not only economically efficient but also environmentally responsible. It combines technology, data, and intelligence into a unified system capable of anticipating, adapting, and improving.*

Keywords: *industry, energy, artificial intelligence, AI technologies, smart grids, predictive analytics, environmental monitoring.*