

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
65 ЖЫЛДЫҒЫНА АРНАЛҒАН
«И. Ф. К. БОЙКО МЕРЕЙТОЙЛЫҚ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«И ЮБИЛЕЙНЫЕ ЧТЕНИЯ БОЙКО Ф. К.»,
ПОСВЯЩЁННАЯ 65-ЛЕТИЮ ТОРАЙҒЫРОВ
УНИВЕРСИТЕТА**

ТОМ 1

**ПАВЛОДАР
2025**

ӘОЖ 001
КБЖ 72
Ф 11

Редакция алқасының бас редакторы:
Ержанов Н. Т., б.ғ.д., профессор, «Торайғыров университеті» КеАҚ
Басқарма Төрағасы-ректордың м.а.

Жауапты редактор:
Крыкбаева М. С., Ғылыми-инновациялық HUB директоры

Редакция алқасының мүшелері:
Аубакирова С. С., Абишев К. К., Уахитов Ж. Ж., Елубай М. А., Жукенова Г. А.,
Испулов Н. А., Колесников Ю. Ю., Талипов О. М.

Жауапты хатшылар:
Бабашев С. М., Тулебаева Ж. А., Колесников Е. Н., Мусаханова С. Т.,
Исабекова Б. Б., Урузалинова М. Б., Жаябаева Р. Г., Ахметов Д. А.

Торайғыров университетінің 65 жылдығына арналған «II Ф.К. БОЙКО
МЕРЕЙТОЙЛЫҚ ОҚУЛАРЫ» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік
конференциясының материалдары. – Павлодар : Торайғыров
университеті, 2025.

ISBN 978-601-345-593-4 (жалпы)
Т. 1. – 2025. – 318 б.
ISBN 978-601-345-592-1

«Бойко оқулары» – Павлодар индустриалды институтының ректоры, техника
ғылымдарының докторы, профессор, энергетик, академик Фёдор Константинович
Бойконы еске алуға арналған конференция. Торайғыров университетінің 65
жылдығына арналған «II Ф.К. БОЙКО МЕРЕЙТОЙЛЫҚ ОҚУЛАРЫ» атты
Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының (28 ақпан, 2025 ж.) жинағында
келесі секциялар бойынша ұсынылған ғылыми мақалалар енгізілген: Электр
энергетикасындағы өзекті мәселелер және тұрақты даму; Жылуэнергетикасының
заманауи мәселелері және жаңартылатын энергия көздері; Автоматтандыру,
робототехника және телекоммуникациядағы инновациялық шешімдер; Құрылыстағы
және агроөнеркәсіптік кешендегі энергия тиімді технологиялар мен инновациялар;
Заманауи ақпараттық коммуникациялық технологиялар; Өнеркәсіптік қауіпсіздіктің
өзекті мәселелері және кәсіпорындардағы қоршаған ортаны қорғау; Қазіргі
әлеуметтік гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері; Энергетикалық кешеннің
экономикалық тұрақтылығы;

Жинақ көпшілік оқырманға арналады.
Мақала мазмұнына автор жауапты.

ӘОЖ 001
КБЖ 72

ISBN 978-601-345-592-1 (Т. 1)
ISBN 978-601-345-593-4 (жалпы)

© Торайғыров университеті, 2025

Секция 1
Электр энергетикасындағы өзекті мәселелер және
тұрақты даму
Актуальные проблемы в электроэнергетике и
устойчивое развитие

РАННИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ОТКРЫТИЯ, ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

БАРУКИН Ю. С.
магистрант, Торайғыров университет, г. Павлодар
БАРУКИНА Н. Ю.
преподаватель специальных дисциплин,
Высший колледж электроники и коммуникаций, г. Павлодар

Электроэнергетика как наука и отрасль промышленности
прошла длительный путь развития, сопровождаемый изменением
методов исследования. Вначале ученые основывались на
экспериментальных данных, затем появились аналитические
методы, а с развитием вычислительной техники – численные
и компьютерные модели. Современные исследования активно
используют искусственный интеллект, цифровые двойники и анализ
больших данных [1].

Цель данной работы – рассмотреть историю становления
и совершенствования методов научных исследований
электроэнергетики, начиная с XIX века и заканчивая современными
технологиями.

История развития методов научных исследований в
электроэнергетике охватывает несколько ключевых этапов,
каждый из которых был связан с технологическими достижениями
и ростом понимания природы электричества и его использования в
энергетике. Рассмотрим основные этапы.

Этап зарождения электроэнергетики связан с открытиями в
области электричества и магнетизма. В XVIII веке такие ученые,
как Бенджамин Франклин и Альессандро Вольта, заложили основы
теории электричества, разработав первые электрические устройства
и аккумуляторы (например, вольтовую батарею).

В это время исследовались основные явления: электрический
заряд, электрический ток, взаимодействие между проводниками
и электромагнитные поля. В 1820-х годах Ханс Кристиан Эрстед

открыл взаимосвязь между электричеством и магнетизмом, что стало основой для дальнейших исследований.

В первой половине XIX века развитие электроэнергетики было связано с открытием основных законов электромагнетизма:

1) Закон Ома (1827) дал математическое описание зависимости между напряжением, током и сопротивлением [2].

2) Законы Кирхгофа (1845) позволили анализировать сложные электрические цепи [3].

3) Открытия Фарадея (1831) и Максвелла (1873) заложили основу электромагнитной теории [4].

Исследования этого периода проводились в лабораторных условиях с использованием гальванометров, электростатических машин и простых схем.

Во второй половине XIX века началось промышленное использование электричества. В этот период появились:

1) Первые генераторы (Зеноб Грамм, 1869).

2) Электродвигатели постоянного тока (Эдисон, Сименс).

3) Линии электропередачи (опыты Ферранти, Доливо-Добровольского).

Конец XIX века стал временем активного внедрения электроэнергии в промышленность. В это время были заложены основы многих методов.

1873 год – Джеймс Клерк Максвелл сформулировал теорию электромагнитных волн, что стало основой для дальнейших разработок в области электродинамики [4].

1879 год – Томас Эдисон изобрел первую коммерчески успешную лампу накаливания и создал первую систему электрического освещения.

В конце XIX века для исследования электромагнитных процессов начинают применяться математические методы, такие как анализ с помощью дифференциальных уравнений и линейных систем [3].

В 1920-х началось активное развитие теории электрических цепей, что позволило моделировать работу сложных энергосистем. Важнейшие достижения этого периода:

1) Разработка метода контурных токов и узловых потенциалов.

2) Использование симметричных составляющих (Фортескую, 1918) для анализа несбалансированных режимов [5].

3) Теория цепей синусоидального тока (Фурье, Кларк).

Эти методы позволили упростить расчеты электрических сетей и автоматизировать анализ их работы.

В середине XX века появились новые методы научных исследований, в том числе компьютерные модели и сложные экспериментальные установки.

С появлением компьютеров началось использование численных методов:

1) Метод конечных разностей (МКР) для анализа электрических полей.

2) Метод узловых потенциалов для расчета сложных электрических цепей [6].

3) Метод итерационных приближений для анализа режимов работы энергосистем [6].

Начало разработки и внедрения методов численного моделирования в электроэнергетике связано с появлением первых электронных вычислительных машин. Именно с их появлением стало возможным использование вычислительных методов для решения задач, связанных с проектированием электрических сетей, расчетами напряжений и токов. Это направление начало развиваться активно в 1950-60-х годах, когда появились первые специализированные программы. Вслед за этим последовал этап активного применения экспериментальных методов для проверки теорий и разработки новых технологий. В этот период значительно усилилось использование мощных лабораторий и тестовых установок, что позволило значительно улучшить точность расчетов и повысить эффективность работы в области электроэнергетики [6].

В 1950–1960-х использовались аналоговые вычислительные машины (АВМ). Они позволяли моделировать поведение энергосистем в реальном времени. Применение АВМ стало важным этапом в развитии энергосистем, особенно при изучении переходных процессов [7].

Компьютерное моделирование позволило отказаться от физического тестирования энергосистем. С развитием ЭВМ начали применяться компьютерные программы для моделирования электроэнергетики:

1) PSCAD, EMTP – для анализа электромагнитных переходных процессов.

2) MATLAB, Simulink – для расчета устойчивости и оптимизации режимов [8].

С конца XX века научные исследования в электроэнергетике приобрели мультиметодический характер, с интеграцией различных областей знаний. Происходило использование подходов, обеспечивающих повышение эффективности работы энергосистем.

Для управления энергосистемами начали использовать:

- 1) Методы динамического программирования.
- 2) Генетические алгоритмы.
- 3) Методы Монте-Карло для анализа надежности [9].

С развитием информационных технологий активно используются методы искусственного интеллекта, машинного обучения и оптимизации для разработки и управления сложными энергосистемами [1].

Применение методов моделирования стало стандартом при проектировании энергетических систем, например, для расчета распределения нагрузки в электрических сетях, анализа трансформаторных станций, а также для разработки новых типов энергетического оборудования.

Важными аспектами стали исследования устойчивости и надежности энергосистем, что связано с развитием альтернативных источников энергии, например, солнечных и ветряных электростанций [9].

Методы исследований в электроэнергетике продолжают развиваться в связи с новыми вызовами, такими как переход к более экологичным источникам энергии, а также с интеграцией технологий хранения энергии и повышения энергоэффективности.

Таким образом, методы научных исследований в электроэнергетике прошли путь от простых теоретических экспериментов до сложных многоуровневых систем моделирования, охватывающих как физические процессы, так и вопросы управления и оптимизации энергосетей.

С развитием информационных технологий и вычислительных мощностей, методы научных исследований в электроэнергетике достигли нового уровня. Современные подходы все больше ориентированы на использование инновационных технологий, которые позволяют моделировать, прогнозировать и оптимизировать работу энергосистем с высокой точностью и эффективностью. Внедрение искусственного интеллекта, цифровых двойников и анализа больших данных позволяет решать задачи, которые ранее казались практически невозможными.

Современные исследования используют:

- 1) Нейронные сети для предсказания отказов оборудования.
- 2) Big Data для прогнозирования нагрузок.
- 3) Цифровые двойники для моделирования энергосистем [1].

Искусственный интеллект позволяет повысить надежность и эффективность работы энергосистем. Развитие методов исследований электроэнергетики прошло путь от простых лабораторных экспериментов до сложных цифровых моделей. Современные технологии позволяют создавать интеллектуальные энергосистемы, способные адаптироваться к изменениям и предотвращать аварии.

Электроэнергетика как наука и отрасль промышленности прошла длительный путь развития, сопровождаемый изменением методов исследования. Вначале ученые основывались на экспериментальных данных, затем появились аналитические методы, а с развитием вычислительной техники – численные и компьютерные модели. Современные исследования активно используют искусственный интеллект, цифровые двойники и анализ больших данных.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Васильев Ю. А. Искусственный интеллект в электроэнергетике. – 2019.
- 2 Ом Г. С. Математические исследования электрических цепей. – Берлин, 1827.
- 3 Поспелов Г. А. История электротехники. – М. : Наука, 1974.
- 4 Максвелл Д. К. Трактат о электричестве и магнетизме. – 1873.
- 5 Фортескью Ч. Л. Метод симметричных составляющих. – Электротехнический журнал, 1918.
- 6 Нагорный А. П. Численные методы в электроэнергетике. – М. : Энергоатомиздат, 1967.
- 7 Тихонов А. Н. Аналоговые вычислительные машины в электроэнергетике. – 1965.
- 8 Глухов В. М. Математическое моделирование в электроэнергетике. – 1998.
- 9 Васильев Ю. А. Оптимизация режимов энергосистем. – 2002.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ВОЛГИНА Е. М.

PhD, ассоц. профессор, кафедра «Электроэнергетика»,
Торайгыров университет, г. Павлодар

Статья анализирует современные методы энергосбережения для устойчивого развития городов: интеллектуальные сети, энергоэффективные здания, утилизацию отходов и резонансные технологии. Приведены примеры внедрения и данные о снижении углеродного следа. Особое внимание уделено резонансному методу Ф. К. Бойко для повышения КПД. Подчёркнута важность интеграции IoT, блокчейна и ИИ. Рассмотрены вызовы роста населения, энергопотребления и экологического воздействия.

Первый метод – использование интеллектуальных энергосетей (smart grid). Это современные системы, объединяющие традиционные сети и новые технологии для эффективного и устойчивого распределения энергии. Они интегрируют ВИЭ, снижают углеродный след, минимизируют потери, адаптируются к нагрузкам и повышают надёжность через автоматическое выявление неисправностей. Преимущества данного метода: снижение потерь при распределении - более 30%; снижение потребления электроэнергии - на 10–15%; снижение пикового спроса – до 66 % [1].

Примерами служат следующие города: Амстердам, Нидерланды: внедрение smart grid поможет сократить выбросы CO₂ на 40% к 2025 году и на 75% к 2040 году. Барселона, Испания: интеллектуальные системы снизили затраты на уличное освещение на 30% и общее энергопотребление на 10%.

К недостаткам данного метода относятся: высокие затраты, сложность интеграции, киберугрозы и проблема хранения энергии. Перспективы - развитие аккумуляторов, водородных технологий, ИИ и международные стандарты киберзащиты.

Следующий метод – использование энергоэффективных зданий и управления микроклиматом. Он минимизирует энергопотребление и создаёт комфортные условия благодаря теплоизоляции, энергоэффективному остеклению и автоматизированным системам.

Энергоэффективные здания сокращают расходы на отопление, улучшают микроклимат, уменьшают выбросы CO₂ и привлекают

инвесторов. Минусы - высокие затраты, сложная модернизация и зависимость ВИЭ от погоды. Перспективы - ИИ-автоматизация, нулевое энергопотребление, модульные решения и цифровые двойники.

Примеры использования энергоэффективных зданий: Лос-Анджелес, США: Многоквартирный дом 2016 года с 215 солнечными панелями позволяет экономить \$100 в месяц на электроэнергии [2]. Нурафшан, Узбекистан: Дом 2022 года потребляет всего 60 кВт·ч/м² в год благодаря теплоизоляции и солнечным панелям - в 6 раз меньше стандартного дома [3].

Следующий метод заключается в использовании IoT для управления энергией. IoT – это технологии сенсоров и умных устройств для оптимизации энергопотребления. Они повышают эффективность и помогают управлять энергоресурсами на уровне зданий и городов. IoT обеспечивает точный мониторинг, автоматизацию, предотвращение аварий и адаптивное энергоснабжение, снижая углеродный след. Минусы — высокие затраты, киберриски, сложность модернизации и обработки данных. Перспективы - облачные платформы, ИИ, удешевление оборудования, кибербезопасность, блокчейн и умные города.

Другой метод основан на утилизации отходов для производства энергии. Это технологии, превращающие отходы в энергию, снижая объёмы мусора и зависимость от ископаемых источников. Утилизация отходов снижает нагрузку на полигоны, позволяет получать биогаз, сокращает выбросы метана и экономит ресурсы. Минусы - высокие затраты, риски выбросов, необходимость сортировки и нестабильные объёмы. Перспективы – пиролиз, газификация, биотехнологии, стандарты, участие населения и блокчейн. Мировые примеры: Стокгольм, Швеция: Перерабатывает 99 % бытовых отходов, обеспечивая отопление для 800 000 домохозяйств и электричество для 250 000 квартир. Вена, Австрия: Завод «Шпиттелау» перерабатывает 250 000 тонн мусора, производя 60 000 МВт·ч электроэнергии и 500 000 МВт·ч тепла для 60 000 домохозяйств.

В 2023 году в Казахстане собрали 4,1 млн тонн отходов (+8 % к прошлому году), из которых 60,3 тыс. тонн – пищевые отходы, основное сырьё для биогаза. Данных о его выработке нет. Рекомендуется внедрение современных технологий и развитие инфраструктуры для переработки. [4]

Казахстанский учёный, профессор, доктор технических наук, Фёдор Константинович Бойко предложил резонансный метод энергосбережения и разработал резонатор, увеличивающий освещённость почти вдвое и снижая энергопотребление на 20–50%. Научная работа зарегистрирована в СССР и «Казпатенте». [5, 6, 7, 8, 9]. Метод основан на резонансе, который снижает потери и повышает эффективность передачи энергии, применим в радиотехнике и преобразователях. Перспективы - возобновляемая энергетика, эффективные трансформаторы, генераторы и квантовые технологии.

Краткое описание всех методов наглядно представлено в таблице.

Таблица 1 – Сравнительная таблица методов энергосбережения

Метод	Достоинства	Недостатки	Перспективы
Интеллектуальные энергосети	Снижение потерь, автоматизация процессов, надёжность	Высокая стоимость, сложная интеграция	Развитие ИИ и систем хранения энергии
Энергоэффективные здания	Экономия ресурсов, комфортный микроклимат	Высокие затраты на строительство	Zero-Energy Buildings, цифровые двойники
Переработка отходов	Снижение объёмов мусора, получение биогаза	Высокая стоимость, необходимость сортировки	Пиролиз, газификация
Резонансный метод	Минимизация потерь, компактность устройств	Чувствительность к настройке, высокая стоимость	Применение в ВИЭ, квантовые технологии

На рисунке 1 представлена диаграмма, показывающая вклад каждого метода в общее энергосбережение на данный момент.



Рисунок 1 – Доля экономии энергии по методам

На рисунке 2 представлен прогнозный график снижения выбросов CO₂, характерный для современных методов энергосбережения.

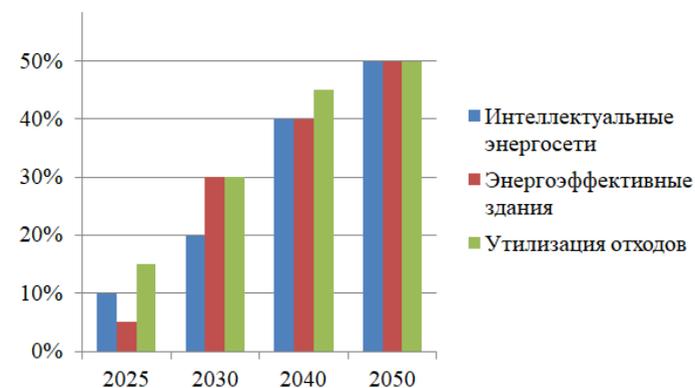


Рисунок 2 – Прогнозный график снижения выбросов CO₂

Современные методы энергосбережения играют ключевую роль в устойчивом развитии городов. Интеллектуальные сети повышают эффективность распределения энергии, энергоэффективные здания снижают потребление ресурсов, а утилизация отходов с выработкой энергии решает экологические проблемы. Резонансные методы минимизируют потери и повышают КПД. Внедрение технологий

требует инвестиций, но способствует прогрессу благодаря ИИ, улучшению хранения энергии и новым стандартам безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гурбаньязов Ш. Подходы к внедрению интеллектуальных сетей // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2023/05/99901> (дата обращения: 07.02.2025).
- 2 https://hightech.fm/2016/07/26/la_net_zero (дата обращения: 07.02.2025).
- 3 <https://kun.uz/ru/news/2022/11/25/v-uzbekistane-postroyen-pervyy-dom-s-prakticheskimi-nulevymi-energopotrebleniyem> (дата обращения: 07.02.2025).
- 4 <https://waste-ex.kz/novosti/statistika-sobrannyh-othodov-v-kazahstane-za-2023-god.html> (дата обращения: 07.02.2025).
- 5 <https://www.caravan.kz/news/v-pavlodare-uvেকেচেনা-পাটমাত-কাজখস্তানকো-উচেনোগো-ইজব্রেতশেগো-প্রিভোর-দ্বি-ইকনোমি-ইহলেকট্রিকেস্বে-248982/> (дата обращения: 07.02.2025).
- 6 Бойко Ф. К., Кувалдин А. Б., Птицына Е. В. Электролизные электротехнологические установки с питанием током сложной формы. – Павлодар.: НИЦ ПГУ им. С.Торайгырова, 2005. – 83 с.
- 7 Пат. 3269 РК. Способ усиления электрического тока / Бойко Ф. К., Бойко А. Ф., Бойко Г. Ф., Птицына Е. В.; опубл. 10.06.1996, Бюл. №2. – 4 с.
- 8 Бойко, Федор Константинович. Обоснование упрощенных методов расчетов электрических нагрузок сельскохозяйственных потребителей [Текст] : Автореферат дис. на соискание учен. степени кандидата техн. наук / Челяб. ин-т механизации и электрификации сел. хозяйства. — Павлодар : [б. и.], 1962. — 16 с. : граф. : 20 см.
- 9 Бойко, Федор Константинович. Исследование режимов потребления электроэнергии в промышленности и оптимизация систем промышленного электроснабжения [Текст] : Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук : (05.09.03) / Моск. энерг. ин-т. — Москва : [б. и.], 1977. — 36 с. : граф.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

ДИНМУХАНБЕТОВА А. Ж.

PhD., асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

СУЛЕЙМЕНОВА А. Е.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

С возникновением повышенных требований к надежности работы современной энергосистемы требуются цифровые технологии, которые помогают прогнозировать и выявить возможные аварии в них. Использование нейронных сетей дает возможность использования эффективных инструментов для анализа данных и выявления потенциальных угроз. Рассмотрим типы моделей нейронных сетей используемых для прогнозирования аварий в энергосистеме, их достоинства и недостатки.

В связи с ежегодными увеличениями нагрузки электрической сети повышаются риски возникновения сбоев и аварийных ситуаций в энергосистеме. Традиционные методы зачастую являются ручными, медленными и требуют значительных ресурсов, что не позволяет своевременно быстро определить вид и характер повреждений. Нейронные сети, обученные на больших объемах данных, позволяют закрыть данный пробел. Их возможности заключаются в выявлении сложных закономерностей в прогнозировании аварий и управлении энергосистемами.

Нейронные сети – это модели машинного обучения, имитирующие работу человеческого мозга. Они состоят из входного, скрытых и выходного слоев (рисунок 1), которые обрабатывают данные с использованием методов нелинейной оптимизации [1, с. 10]. Все слои состоят из клеток. Входной слой принимает сигналы из внешнего мира, а выходной выдает во внешний.

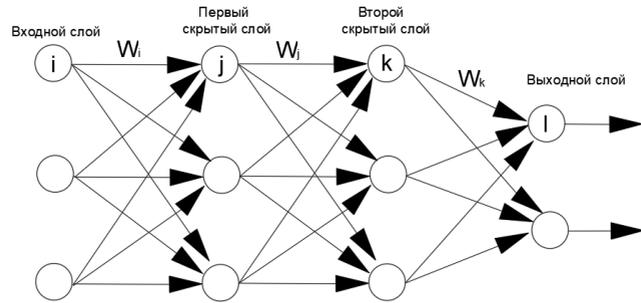


Рисунок 1 – Нейронная сеть обработки данных

Используемые модели нейронных сетей для прогнозирования аварий в энергосистеме [2, с.45;3, с.69]:

1 Рекуррентные нейронные сети (RRN). Используется для анализа временных рядов, таких как изменения напряжения, температуры и частоты. Для этого нейронные сети обучаются на данных об изменениях параметров оборудования, что позволяет прогнозировать их поведение. При прогнозировании отказов оборудования нейронные сети анализируют данные датчиков и предсказывают вероятности выхода их из строя или возможную перегрузку. Такие сети, например, позволяют прогнозировать перегрузки силовых трансформаторов. В работе [4, с. 20] обсуждается использование рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования аварийных небалансов, приводящих к нарушению устойчивости энергосистемы. Авторы отмечают, что такие модели способны учитывать временные зависимости и обеспечивать высокую точность прогнозирования.

2 Сверточные нейронные сети (CNN). Применяются для обработки пространственных данных, таких как топология энергосети. Последняя образует сложную систему взаимосвязанных элементов схемы, которая представляется в виде графов и матриц смежности, для обработки CNN. Анализируя взаимосвязи между элементами схемы, CNN выявляют участки с отклонениями параметров от номинального, что может свидетельствовать о перегрузке или возможной аварии. Такое прогнозирование позволяет заранее провести ремонтные работы на участках энергосети.

3 Гибридные модели, сочетание RNN и CNN для анализа как временных, так и пространственных характеристик энергосистем.

Является передовой моделью для более точного прогнозирования работы сети.

4 Для выявления ненормальной работы оборудования используются автоэнкодеры, которые помогают выявлять отклонения от нормы, что свидетельствуют о неисправностях. Такую технику нейронных сетей используют для диагностики линий электропередач, генераторов и распределительных устройств [5, с. 138].

Для выполнения поставленных задач для нейронных сетей важны большие данные. Например, отличия между коротким замыканием и пиковыми нагрузками могут быть минимальными и нелинейными. Нейросеть способна выделять эти сложные зависимости, но только если у нее есть достаточное количество обучающих данных. Поэтому чтобы нейронные сети правильно классифицировали ту или иную аварийную ситуацию, ей нужно увидеть разнообразные примеры как короткого замыкания, так и штатных ситуаций. От большого количества данных, больше вероятность распознавания отличий вида повреждений, возможности прогнозирования нестандартных ситуаций, а также адаптироваться к несистематическим помехам (шум, временные отклонения).

Достоинства и недостатки используемых моделей нейронных сетей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки моделей нейронной сети

Модель нейронной сети	Достоинства	Недостатки
RNN	Анализ временных зависимостей	Проблема исчезающего градиента, медленное обучение
CNN	Обработка пространственных данных	Неэффективность для временных данных
Гибридные модели	Сочетание временного и пространственного анализа	Высокая сложность настройки
Автоэнкодеры	Ненадзорное обучение, сжатие данных	Ограниченные возможности для прогнозирования

Несмотря на имеющиеся достоинства и недостатки используемых моделей нейронных сетей, каждая эффективна в специфике своей задачи.

Использование нейронных сетей. Крупные компании давно используют инструменты нейронных сетей, например, такие как General Electric (GE), Smart Grid (SG), энергосети Китая.

Компания GE разработала систему Generator Health Monitoring (GHM), которая представляет собой интегрированный модульный онлайн-мониторинг состояния генераторов. GHM позволяет проводить непрерывную инспекцию и оценку состояния генераторов, а также раннее выявление потенциальных проблем. Это способствует повышению надежности и доступности оборудования, а также улучшению планирования технического обслуживания [6, с. 1].

В рамках одного из проектов Smart Grid в Германии используются рекуррентные нейронные сети (RNN), которые анализируют сезонные изменения нагрузки, влияние возобновляемых источников энергии на сети (солнечные и ветряные электростанции). Это позволило операторам предотвратить отключения электроэнергии в пиковые нагрузки, а точность прогнозов перегрузок превысила 90% [7, с. 205].

В Китае активно используются технологии цифровых двойников в энергетике. Это виртуальная модель физического объекта или системы, которая отражает её текущее состояние, динамику и поведение на основе данных, получаемых с помощью датчиков и аналитических алгоритмов. В энергетике Китая эта технология активно используется для мониторинга, прогнозирования и оптимизации работы энергосетей [8, с. 106].

Применение нейронных сетей в Казахстане используются в научных исследованиях для успешного внедрения в отрасли энергосистем. Конкретных примеров успешного внедрения нейронных сетей для прогнозирования аварий в энергосистемах Казахстана в открытых источниках не обнаружено.

Потенциал применения нейронных сетей не ограничивается только в прогнозировании аварий в энергосистеме. Они могут применяться в прогнозировании электропотребления, цен на электроэнергию, а также для других технологических задач электроэнергетики.

Вместе с тем, применением нейронных сетей следует пользоваться с осторожностью и рекомендуется проводить

дополнительные процедуры проверки и достоверности принимаемых решений при проектировании умных устройств.

Таким образом, анализ представленных моделей нейронных сетей, показал, что каждый вид может выполнять только в рамках своих поставленных задач. Нейронная сеть может успешно прогнозировать аварии в энергосистеме на основе имеющихся данных, но делать точные прогнозы на новых данных может быть ограничена. Однако, их применение позволяет провести оптимизацию работы энергосистемы, тем самым предотвращая перегрузки и отключения оборудования в них.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гафаров Ф. М., Галимянов А. Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 121 с.

2 Real Time State Estimation of Power Grids Using Convolutional Neural Networks and State Forecasting Via Recurrent Neural Networks / Dr. Hadis Karimipour. – University of Guelph, 2021. – 57 p.

3 Интеллектуальная энергетика: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции (Томск, 12–14 ноября 2024 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2024. – 252 с.

4 Повышение надежности функционирования НЭС РК при внедрении режимной автоматики wacs / А. Т. Бектимиров и др. – Вестник Алматинского университета энергетики и связи № 4 (51) 2020. – С. 16-26.

5 Обнаружение аномалий в работе реакторного оборудования с помощью нейросетевых алгоритмов / Е. Л. Трыков, И. В. Трыкова, К. И. Коцоев. – Известия вузов. Ядерная энергетика №3. – 2020. С. 136-137.

6 GE Vernova. Monitoring and diagnostics for generators. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.governova.com/steam-power/services/generators/monitoring-diagnostics> [дата обращения 25.01.2025].

7 Smart Grid Energy Management Using RNN-LSTM: A Deep Learning-Based Approach / GLOBECOM 2019. IEEE Global Communications Conference, December 2019. – P. 203-211 [на англ. яз.].

8 Применение технологий цифровых двойников в энергетике / Ю. Н. Булатов., К. Е. Короткова. – Труды Братского Государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. Том 1, 2021. – С. 103-112.

БУДУЩЕЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

ЖОЛДАСПЕКОВ С. Д.
магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

Цифровые двойники становятся неотъемлемой частью современного электротехнического оборудования, включая системы релейной защиты трансформаторов. Их применение открывает новые горизонты для диагностики, мониторинга и прогнозирования работы сложных энергосистем. Рассмотрим ключевые направления развития данной технологии и ее роль в обеспечении надежности энергосистем.

Цифровые двойники предоставляют возможность моделирования поведения реальных объектов с высокой степенью точности. Это особенно важно для систем релейной защиты, где требуется оперативное обнаружение и устранение неисправностей.

Интеллектуальные алгоритмы диагностики: Современные цифровые двойники используют технологии искусственного интеллекта (ИИ) для анализа больших объемов данных, поступающих от датчиков и релейных устройств. Это позволяет прогнозировать потенциальные неисправности и выявлять аномалии на ранних стадиях.

Моделирование редких сценариев отказов: Благодаря цифровым двойникам операторы могут анализировать редкие аварийные ситуации, которые трудно воспроизвести в реальных условиях, и разрабатывать эффективные меры их предотвращения.

Технология IoT значительно расширяет функциональность цифровых двойников, обеспечивая сбор данных из различных источников в реальном времени.

Интеграция с умными сенсорами: Датчики температуры, вибрации и других параметров позволяют получать информацию о состоянии оборудования с высокой точностью. Эти данные передаются в цифровой двойник для дальнейшего анализа.

Удаленный мониторинг: IoT обеспечивает постоянный доступ к данным о состоянии системы релейной защиты, что упрощает диагностику и обслуживание оборудования без необходимости физического присутствия на объекте.

Развития систем мониторинга параметров электроэнергетического режима, состояния электросетевого

комплекса, технического состояния и доступных ресурсов управления системы РЗА с целью верификации в реальном масштабе времени математических моделей в технологических алгоритмах систем управления для повышения адаптивности и эффективности их функционирования.

С развитием облачных технологий и больших данных информация о состоянии оборудования будет собираться, храниться и анализироваться централизованно.

Кроме того, устройства Интернета вещей (IoT) и датчики, установленные в сети, будут собирать важную информацию о её состоянии и передавать её в систему защиты для анализа. Это позволит быстрее реагировать на изменения и повышать точность работы системы.

Цифровые двойники будут становиться более автономными, то есть смогут самостоятельно изменять параметры защиты в зависимости от состояния сети. В результате система станет более адаптивной и быстрой в принятии решений.

Кроме того, большое внимание будет уделяться безопасности данных, поскольку защита от кибератак и сохранность информации о работе оборудования станут критически важными.

В будущем цифровые двойники релейной защиты помогут не только предотвращать аварии, но и прогнозировать риски, управлять ими и минимизировать последствия возможных проблем. Все эти технологии в совокупности сделают системы защиты более интеллектуальными, гибкими и надёжными.

Применения совершенных математических моделей - цифровых двойников с целью оптимизации процессов поддержания информационных моделей субъектов электроэнергетики, повышения качества и согласованности данных в моделях с созданием логической Единой цифровой модели электрической сети для повышения уровня точности и достоверности расчетов и анализа ретроспективных, прогнозных и перспективных электроэнергетических режимов.

Повышения технического совершенства цифровых систем управления применением современных средств доставки и обработки информации, разработки и внедрения современных алгоритмов управления на платформе технологий искусственного интеллекта, совершенства их архитектурных и аппаратных решений, реализующих принципы мультиагентного управления, гибкой функциональной архитектуры с миграцией функций,

самоорганизацией и самонастройкой, осуществления функции адаптивного автоматического управления надежностью функционирования комплексов, что сократит издержки на управление, эксплуатацию и повысит надежность работы энергосистемы.

С увеличением цифровизации энергосистем возрастает риск кибератак. Поэтому одним из приоритетных направлений развития цифровых двойников становится обеспечение их кибербезопасности. Шифрование данных применение современных протоколов безопасности для защиты данных, передаваемых между устройствами и цифровым двойником. Мониторинг аномалий использование ИИ для обнаружения подозрительных действий в системе, что позволяет оперативно реагировать на возможные угрозы.

Для эффективной интеграции цифровых двойников в энергосистемы необходимо создание единых стандартов и протоколов.

Универсальные платформы: Разработка универсальных программных решений, которые обеспечат взаимодействие оборудования различных производителей. Такие платформы позволят сократить расходы на внедрение и эксплуатацию систем.

Стандартизация форматов данных: Единые стандарты обеспечат простоту обмена данными между устройствами. Это включает протоколы передачи данных, формат хранения и совместимость программного обеспечения, что упростит интеграцию и повысит надежность.

Международное сотрудничество: Для ускорения стандартизации необходима координация усилий на международном уровне, что позволит создать глобальную экосистему цифровых двойников.

Цифровые двойники способствуют оптимизации работы энергосистем, что снижает их воздействие на окружающую среду.

Оптимизация режимов работы: Цифровые двойники анализируют нагрузку, погодные условия и состояние оборудования, помогая выбирать наиболее энергоэффективные режимы работы. Это позволяет снижать потери энергии и увеличивать срок службы трансформаторов.

Сокращение затрат на обслуживание: Благодаря постоянному мониторингу цифровые двойники уменьшают потребность в регулярных выездах на объекты для диагностики, что снижает затраты на транспорт и использование ресурсов.

Поддержка перехода на возобновляемые источники энергии: Анализ данных от солнечных и ветровых установок позволяет цифровым двойникам координировать их работу с традиционными источниками, обеспечивая стабильность сети.

Развитие технологий цифровых двойников открывает широкие перспективы для систем релейной защиты трансформаторов. Интеллектуализация, автоматизация и интеграция с IoT и ИИ делают такие системы более надежными, безопасными и экологичными. В ближайшем будущем цифровые двойники станут ключевым элементом энергосистем нового поколения, способных отвечать вызовам времени и обеспечивать устойчивое развитие энергетической отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://fondsmena.ru/media/EGM_publicationfiles_Article/2_Жуков_А.В..pdf
2. <https://www.so-ups.ru/news/press/press-view/news/23505/>
3. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4449fcdc-6797ad67-6331afd4-74722d776562/https/pcmp.springeropen.com/articles/10.1186/s41601-023-00328-4
4. <https://indpages.ru/solutions/czifrovye-dvojniki-v-promyshlennosti/>
5. https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/663066/

ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

ЖОЛДАСПЕКОВ С. Д.
магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

Цифровой двойник (digital twin) является одной из ключевых технологий Индустрии 4.0, позволяя интегрировать физические объекты с их виртуальными представлениями. Эта концепция используется для мониторинга, управления, оптимизации и прогнозирования поведения сложных систем. В статье рассматриваются основные аспекты цифровых двойников, их структура, принципы работы, а также перспективы применения в различных отраслях.

Впервые концепцию цифрового двойника описал в 2002 году Майкл Гривс, профессор Мичиганского университета. Он

разложил её на три основные части: физический продукт в реальном пространстве, виртуальный продукт в виртуальном пространстве и данные и информация, которые объединяют виртуальный и физический продукт.

Современные технологии создают возможности для более глубокого понимания и управления сложными системами. Одной из таких технологий является цифровой двойник — виртуальная реплика физического объекта, системы или процесса, которая обновляется в реальном времени на основе данных, полученных с сенсоров и других источников.

Цифровой двойник — это не просто модель, а динамическая система, способная учитывать изменения в реальном времени, анализировать данные и предоставлять рекомендации. Концепция цифрового двойника впервые была предложена в начале 2000-х годов, но наибольшее развитие получила с развитием технологий Интернета вещей (IoT), больших данных и искусственного интеллекта.

Основная цель работы — оценить перспективы развития технологии цифровых двойников, исходя из текущего опыта применения и с учетом имеющегося уровня цифровизации и интеграции информационных технологий в промышленности.

Поставленные в работе задачи были решены на основании изучения различных источников информации и анализа собранных данных с последующими выводами. Источниками информации являлись научные труды ученых, информационные отчеты и статистические исследования.

Цифровой двойник состоит из следующих ключевых компонентов:

1. Физический объект: устройство, система или процесс, данные о котором используются для создания цифрового представления.
2. Цифровая модель: виртуальная копия физического объекта, основанная на математических и физических моделях.
3. Источники данных: сенсоры, устройства IoT, системы управления и внешние базы данных, обеспечивающие сбор информации о состоянии физического объекта.
4. Инфраструктура обработки данных: вычислительные платформы, которые анализируют, интерпретируют и хранят полученные данные.

Интерфейс взаимодействия: визуализация данных и управление цифровым двойником, доступные пользователю через программные интерфейсы или панели управления.

Принципы работы цифрового двойника:

1. Создание виртуальной копии физического объекта, процесса или системы. Двойник точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирован с ним.

2. Постоянное обновление данными в реальном времени. Данные поступают от датчиков и других устройств, установленных на физическом объекте. Эти данные анализируются, обрабатываются и интегрируются в цифровой двойник, обеспечивая моделирование физического процесса в реальном времени.

3. Использование моделей искусственного интеллекта и машинного обучения. С их помощью двойники копируют поведение оригинала и прогнозируют события с высокой точностью.

4. Сопровождение объекта на протяжении всего жизненного цикла. Двойники не ограничиваются анализом данных, полученных на стадии разработки, а сопровождают объект.

Принцип работы цифрового двойника позволяет отслеживать состояние объектов, обнаруживать возможные сбои и принимать взвешенные решения относительно их обслуживания и эксплуатации.

Применение таких технологий позволяет компаниям повысить эффективность работы производственных и управленческих процессов. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель того или иного физического объекта, которая помогает высокотехнологичным предприятиям выходить на новый этап технологического развития и повышать конкурентоспособность на рынке.

Области применения цифровых двойников:

Энергетика цифровые двойники трансформаторов, генераторов и линий электропередач используются для диагностики оборудования, прогнозирования отказов и оптимизации энергопотребления.

Промышленность на производственных линиях цифровые двойники позволяют отслеживать состояние станков, минимизировать их простой и увеличивать производительность.

Транспорт автопроизводители используют цифровые двойники для разработки, тестирования и мониторинга транспортных средств.

Здравоохранение цифровые двойники человеческого тела или отдельных органов помогают врачам диагностировать заболевания,

планировать операции и разрабатывать персонализированные методы лечения.

В будущем развитие цифровых двойников будет связано с увеличением их автономности, интеграцией с искусственным интеллектом и использованием больших данных. Эти технологии позволят создавать более точные и сложные модели, способные к самообучению и адаптации. Ожидается, что цифровые двойники станут ключевым инструментом в создании умных городов, управлении климатическими изменениями и разработке новых материалов и технологий.

Для анализа такого объема данных требуется аналитика больших данных и интеллектуальные методы анализа данных. В целом это говорит о развитии направлений, связанных с интеллектуализацией технологии цифровых двойников. Перспективным является объединение технологий цифровых двойников и мультиагентных систем, которые предоставляют аналитику реального времени и позволяют совершенствовать процедуры выработки сложных управленческих решений в сетевых формах организаций.

Использование цифровых двойников дает множество преимуществ. Они помогают повысить эффективность эксплуатации оборудования, снижать затраты на техническое обслуживание, предотвращать аварии и повышать безопасность. Технология применяется в различных сферах, таких как энергетика, машиностроение, релейная защита, автомобильная промышленность.

Развитие цифровых двойников связано с внедрением передовых технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей и распределенные вычисления. В будущем ожидается создание универсальных платформ, которые позволят объединять данные из различных источников и обеспечивать комплексный анализ работы систем.

Одним из перспективных направлений является развитие автономных цифровых двойников, способных самостоятельно принимать решения на основе анализа данных. Это позволит повысить уровень автоматизации производственных процессов и снизить зависимость от человеческого фактора.

Цифровой двойник — это не просто инструмент, а целая концепция, которая меняет подходы к проектированию, эксплуатации и модернизации сложных систем. Его использование открывает новые горизонты в повышении эффективности, снижении затрат и обеспечении устойчивого развития различных отраслей.

В эпоху цифровой трансформации цифровой двойник становится неотъемлемой частью современного мира, создавая новые возможности для бизнеса, науки и общества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <https://teleserial.club/knigi/176422-sintez-dannyih-i-tsifrovyye-dvoyniki/chitat-besplatno/>
- 2 <https://eenergy.media/news/24862>
- 3 <https://engineer.yadro.com/article/digital-twins/>
- 4 <https://digitaltwin.ru/articles/digital-twins-in-industry/>
- 5 <https://habr.com/ru/articles/722420/>
- 6 [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA_\(Digital_Twin_of_Organization,_](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(Digital_Twin_of_Organization,_)
- 7 https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_project/proshloe-nastoyashee-i-budushee/

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

ЖОЛДАСПЕКОВ С. Д.
магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

С развитием цифровых электросчетчиков, телекоммуникационных технологий и элементов интеллектуальных энергосетей мировые энергосистемы вступают в эпоху «цифровой трансформации», что приводит к радикальному изменению их структуры и методов управления.

Цифровизация представляет собой совокупность технологических решений, направленных на формирование интеллектуальных электрических сетей. Эти решения обеспечивают потоковую интеграцию автоматизированных бизнес- и технологических процессов, сводя к минимуму необходимость участия человека в рутинных операциях. Ключевая задача цифровизации заключается не только в модернизации программно-аппаратных платформ, но и в комплексном объединении технологических и бизнес-процессов, что позволяет снизить

количество ошибок и значительно повысить скорость и точность принятия решений.

Современная энергетика в условиях цифровизации, автоматизации и интеллектуального развития претерпевает серьезные изменения, внедряя передовые технологии, включая концепцию «цифрового двойника». Этот инструмент, анализируя большие объемы данных об объектах, системах и технологических процессах, способен выявлять скрытые закономерности, а также обнаруживать отклонения в их работе с высокой степенью точности. Причем такие отклонения фиксируются еще на ранних стадиях, когда их влияние на систему минимально и они не выявляются стандартными методами управления и мониторинга.

С учетом возможностей цифрового двойника и требований к его применению в релейной защите в данной статье предлагается концепция зеркального релейного защитного устройства на его основе. Такой подход позволяет создать эффективную альтернативу традиционным релейным защитам, обеспечивая оперативное взаимодействие с данными в реальном времени.

Принципиальная схема работы представлена на рисунке 1. Двойная защита, изображенная на данном рисунке, представляет собой виртуальный аналог физического защитного устройства, размещенный в цифровом пространстве. Он включает цифровую модель релейной защиты и вспомогательные компоненты, отвечающие за

расчет логики защитных функций и обмен данными с внешними устройствами.

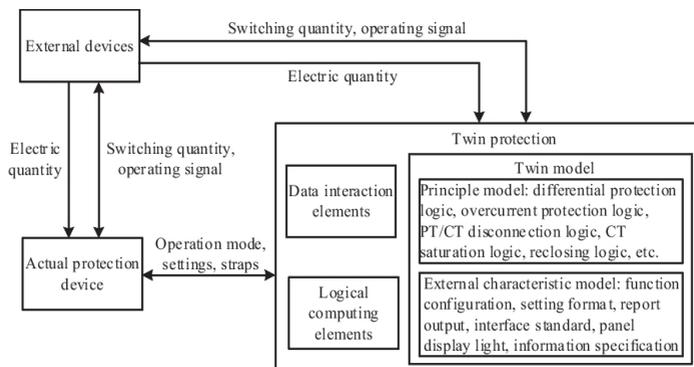


Рисунок 1 – Работа цифрового двойника релейной защиты

Принципиальная схема работы релейной защиты на основе цифрового двойника

Характеристики работы релейной защиты на основе цифрового двойника можно резюмировать следующим образом:

1 **Согласованность:** двойная защита должна быть максимально приближена к реальному защитному устройству с точки зрения конфигурации функций, формата настроек, структуры отчетных данных, стандартов интерфейса, спецификации информации и принципов работы. При этом учитываются физические особенности реального оборудования, такие как низкочастотная фильтрация и температурозависимые характеристики, которые трудно точно воспроизвести цифровыми методами. Поэтому основное требование заключается в обеспечении соответствия функциональных возможностей и внешних характеристик двойной защиты параметрам реального защитного устройства.

2 **Интерактивность:** двойная защита должна иметь возможность взаимодействовать с другими двойными средствами защиты, реальным энергетическим оборудованием и системами моделирования через физические сигнальные интерфейсы или интерфейсы связи.

3 **Прозрачность:** внутренняя логика, уровень управления станцией и технологический уровень двойной защиты должны быть доступными для анализа и наблюдения. Это обусловлено тем, что излишняя «закрытость» системы затрудняет обучение персонала, проведение отладки и анализ работы защиты. Поэтому важно, чтобы логическая программа и результаты работы двойной защиты на всех этапах — от выборки и обработки данных до логического распознавания и формирования управляющих сигналов — оставались наглядными, контролируруемыми и доступными для мониторинга.

4 **Совместное использование:** двойная защита должна поддерживать встраивание промежуточных элементов или элементов защиты, разработанных различными производителями средств защиты, через стандартизированные интерфейсы для обеспечения совместного использования платформы. Этот принцип в основном учитывает, что существует много типов устройств релейной защиты, и невозможно полагаться на нескольких независимых производителей для создания двойников всех устройств защиты, в то время как неизбежно требуются участие и сотрудничество всех производителей. Однако из-за

различных методов моделирования и программного обеспечения, используемых разными производителями при построении моделей, они не унифицированы. Таким образом, двойная защита должна поддерживать встраивание промежуточных элементов или элементов защиты, разработанных разными производителями средств защиты, чтобы они могли работать на одной платформе.

Исходя из вышеуказанных четырех характеристик, работа релейной защиты на основе цифрового двойника в основном сопряжена со следующими трудностями:

1 Точное моделирование принципов защиты

Методы моделирования релейной защиты

Существующие подходы к моделированию принципов релейной защиты можно условно разделить на две основные категории: моделирование, основанное на физических принципах, и моделирование на основе данных.

Моделирование, основанное на физических принципах

Этот метод направлен на цифровое воспроизведение механизма работы защитных устройств. Например, для обработки защитных данных в исследовании [14] предложен усовершенствованный двухполупериодный алгоритм Фурье, позволяющий устранить ошибки расчета, вызванные остаточной постоянной составляющей в аварийном сигнале при срабатывании защиты. Такой подход делает алгоритм защиты максимально приближенным к реальной работе защитного устройства.

С точки зрения воспроизведения логики работы защиты, можно выделить два распространенных метода: программная реализация и графическое моделирование. Производители релейной защиты разрабатывают собственные исходные коды для различных защитных функций, которые могут быть адаптированы и инкапсулированы для создания цифровой реплики устройства в виртуальном пространстве. Этот метод обеспечивает максимально точное воспроизведение работы реального оборудования, однако он сложен в интерпретации и визуализации логики защиты.

Специалисты по релейной защите, не имеющие доступа к исходному коду, могут использовать графическое моделирование, создавая защитные алгоритмы в соответствии с унифицированным стандартом State Grid Nine и инструкциями производителя. Однако такой подход имеет ограничения: не все детали логики защиты раскрыты в документации, что приводит к расхождениям между виртуальной моделью и реальными устройствами. В результате

этот метод подходит только для задач с невысокими требованиями к точности воспроизведения логики защиты.

Моделирование на основе данных

При данном подходе ключевым аспектом является применение технологий больших данных, искусственного интеллекта и машинного обучения для установления взаимосвязей между входными и выходными параметрами защитного устройства. Такой метод позволяет строить математические модели, точно отражающие реальное поведение системы.

Например, расчет потребления электроэнергии можно рассматривать как определение неизвестных параметров на основе известных данных. Этот метод, основанный на глубоком анализе, позволяет вычислять расход электроэнергии в системе без необходимости учитывать топологию сети. Сравнение полученных результатов с традиционными расчетами потока мощности позволяет оценить точность и надежность моделирования на основе данных.

Современные энергосистемы постоянно пополняются новым оборудованием и технологиями, однако создание точных моделей для некоторых видов оборудования представляет собой сложную задачу. Традиционные механистические методы моделирования не всегда способны учесть индивидуальные особенности реальных устройств. Поэтому, помимо существующих подходов, необходимо развивать гибридные, иерархические и графические методы моделирования. Это потребует систематизации программных методов реализации релейной защиты, что в конечном итоге позволит создать цифровую модель двойной защиты, отвечающую требованиям прозрачности, совместимости и удобства эксплуатации.

2 Моделирование интерфейса и взаимодействие с данными в режиме реального времени

Двойная защита требует взаимодействия данных в режиме реального времени с первичной имитационной системой, реальным устройством защиты, подсистемой связи уровня управления станций и осциллографом и т.д.

Двойная защита и имитационная система выполняют передачу аналоговых и дискретных сигналов, включая данные о токе и напряжении (SV), а также управляющие команды (GOOSE) и другую информацию. В процессе работы двойная защита получает сообщения SV или аналоговые значения от первичной системы для вычисления логики защиты. Взаимодействие сигналов, связанных

с положением автоматического выключателя и его отключением, осуществляется с помощью сообщений GOOSE или дискретных сигналов.

Помимо этого, двойная защита и защитное оборудование передают сигналы о запуске, отключении и сбоях через сообщения GOOSE или дискретные сигналы. Осциллограф регистрирует информацию о срабатывании двойной защиты, используя эти же каналы связи, а также выполняет сбор и контроль данных по протоколу MMS. Коммуникационная подсистема на уровне управления станцией также занимается сбором и мониторингом данных двойной защиты, применяя протокол MMS.

Цифровой двойник (ЦД) электрической сети представляет собой централизованную базу данных, которая объединяет всю необходимую информацию о сети и интегрируется с другими подсистемами компании. Он автоматически синхронизирует данные, поступающие из различных источников, обеспечивая соответствие единой цифровой модели реальной физической энергосети (рис. 1).

Для объектов электроэнергетического комплекса ключевыми задачами являются интеграция цифровых двойников в систему управления, а также их последующая экспериментальная проверка для оценки эффективности предлагаемых решений.

Цифровой двойник играет важную роль в деятельности современных энергокомпаний, поскольку при наличии единственной физической электрической сети в компании могут существовать десятки ее цифровых представлений в различных подразделениях. Каждая из этих моделей разрабатывается для определенных задач и используется в разных программных продуктах, например, для расчетов сети, диспетчеризации, управления активами или учета энергопотребления. Несогласованность данных между этими моделями может приводить к неточностям в представлении сети, снижению эффективности работы системы и значительным затратам на актуализацию информации вручную.

С цифровизацией в мире и развитие интеллектуальных счетчиков электроэнергии и телекоммуникаций в электроэнергетике возникает возможность оптимизации электропотребления и снижения потерь энергии в сетях. Создание цифровых двойников для магистральных и распределительных сетей позволяет собирать данные из различных подсистем, создавая единую модель сети. Это упрощает анализ сети, снижает издержки на создание модели

и повышает качество информации. Применение технологий цифровых двойников сокращает время выполнения задач, улучшает достоверность данных о состоянии оборудования и снижает эксплуатационные расходы за счет оптимизации процессов планирования и выполнения ремонтов. В итоге, технология цифровых двойников предоставляет возможность более точного анализа и прогнозирования состояния электрооборудования, что способствует повышению эффективности и надежности работы электроэнергетических систем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-tsifrovyyh-dvoynikov-na-tsifrovyyh-podstantsiyah>
- 2 <https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/VKR/5990.pdf>
- 3 <https://www.so-ups.ru/news/press/press-view/news/23505/>
- 4 <https://sber.pro/digital/publication/dvojniki-v-setyah-kak-cifrovizaciya-menyaet-energetiku-rossii/>
- 5 Чернобровов, Н.В. «Релейная защита энергетических систем». Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2008.
- 6 Прохоров А., Лысачев М. «Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт
- 7 Корпоративное издание. 2019

ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ И СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА

ЖУРАВЛЕВ В. О., КАЗАМБАЕВ А. М.
студенты, Торайгыров университет, г. Павлодар
ДУБИНЕЦ Н. А.

м.г.н., ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Павлодарская область занимает важное место в энергетическом секторе Республики Казахстан, являясь одним из наиболее развитых регионов в этой отрасли. Её энергетическая инфраструктура имеет стратегическое значение для экономики и энергетической безопасности всей страны. Только в Павлодарском регионе на территории области длительное время работали независимо друг от друга управляющие предприятия «Экибастузэнерго» и «Павлодарэнерго». Кроме это, ведется подготовка специалистов-энергетиков на высоком уровне в Екибастузском инженерно-

техническом институте им. академика К. Сатпаева и Торайгыров университете.

Энергетический комплекс области включает семь тепловых электростанций, в том числе три блочных электростанций республиканского значения, а именно ТОО «Экибастузская ГРЭС-1» имени Болата Нуржанова и АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2» в городе Экибастуз, АО «Евроазиатская энергетическая корпорация» в Аксу. Также в городе Павлодар работают три теплоэлектроцентрали: ТЭЦ АО «Алюминий Казахстана», ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3. Старейшая действующая электростанция Павлодарской области Экибастузская ТЭЦ, вырабатывает энергию под управлением АО «Павлодарэнерго». Общая протяженность электроснабжения сетей по области составляет 17,5 тыс. км.

В становлении энергетического кластера Павлодарского региона важным этапом стал запуск электростанции 22 сентября 1946 года на заводе «Октябрь», где огромную роль сыграл Федор Константинович Бойко, выдающийся ученый-энергетик Казахстана.

Энергетика города в военное время была была обособленной и представлена электростанцией судоремонтного завода, которая поддерживала работу электрооборудования самого завода. Имелось энергохозяйство у железной дороги. Состояло оно из локомотивей мощностью 80-90 кВт и обслуживало нужды депо и для освещения депо и железнодорожного вокзала. [1]

Одним из ведущих предприятий города являлся завод «Октябрь». В 1941 году эвакуированное оборудование электростанции Полтавской прядильной фабрики на 1000 кВт с турбиной Броун Бовари на 1000 кВт разместили в здании завода. Но турбина, котел, насосы, генератор простаивали, так как не было специалистов. В 1946 году из Ленинграда пригласили шефа-монтажника, который смонтировал турбину. Федору Константиновичу Бойко дали партийное поручение – запустить электростанцию на заводе «Октябрь». Стояла проблема запустить питательные насосы, для этого необходима энергия для запуска и раскрутки генератора. От судоремонтного завода для запитки собственных нужд станции протянули воздушную линию на 3 кВ. Для пуска станции провели монтаж электрооборудования, проверили насосы, опрессовали котел, прогрели турбину, полностью собрали электрическую схему. И первый ток электростанции завода пошел по проводам 22 сентября 1946 года. Зажглись лампочки, развешанные на территории завода, осветилась главная улица города, сейчас улица Астана.

Подали электроэнергию на молконсервный завод. Позже протянули воздушную линию электропередач на хромзавод, железнодорожное депо. Ведь ранее освещение помещений проводилось керосиновыми лампами. Позднее мощность электростанции еще увеличилась на 500 кВт. Установили турбину «Маффай» германской одноименной фирмы. Производительность котла было достаточно на обе турбины. Мощность станции было недогруженной, поэтому электричество стали предлагать населению города Павлодара. [1]

Талантливый человек, Федор Константинович Бойко, имеющий профессиональное техническое и начальное высшее образование, которое он завершил только в январе 1947 года, в установленные ему сжатые сроки осуществил пуск заводской электростанции. В дальнейшем Федор Константинович стал одним из неординарных земляков Павлодарского Прииртышья: первым инженером-энергетиком с высшим образованием, первым доктором технических наук, академиком.

В 1947 году возобновилась геологическая разведка угольных месторождений Экибастуза. Осенью 1949 года для первых поселенцев была доставлена передвижная дизельная электростанция небольшой мощности, которая едва справлялась с удовлетворением базовых бытовых нужд. Вскоре начали работу и другие маломощные локомотивные и дизельные электростанции. Именно с работы этих первых агрегатов началась история строительства масштабного топливно-энергетического комплекса энергетического кластера.

Будущий ректор Павлодарского индустриального института в июле 1950 года переходит на работу в строительномонтажное управление «Казсельэнерго» главным инженером, где вплотную занимается вопросами электрификации Павлодарского региона. Он - активный член областного отделения Общества распространения политических и научных знаний, активный рационализатор. Его предложения по установке конденсатора в сети, позволило снизить реактивную составляющую тока, повысить значение «косинуса фи» и добиться экономии электрической энергии на заводе «Октябрь». В 1953 году был зачислен в аспирантуру при Институте электрификации сельского хозяйства. Занимаясь разработкой проектов электрификации города Павлодара и области, Бойко Ф.К. столкнулся с отсутствием отраслевых технически обоснованных методик определения электрических нагрузок как в бывшем Союзе, так и за рубежом. А те, которыми пользовались, были противоречивы и сильно различались по определяемой величине. Всё это приводило

к тому, что линии электропередач, трансформаторные подстанции и другие электротехнические объекты различных подразделений получали нагрузку, не соответствующую фактической как в сторону завышения, так и занижения. Федора Константиновича стал заниматься вопросами формирования суммарного графика электрических нагрузок.

В 1956 году было заявлено о создании Павлодар-Экибастузского промышленного района. Предусматривалось строительство примерно тридцать промышленных предприятий, таких как алюминиевый, комбайновый (тракторный) заводы, завод ферросплавов в Аксу (Ермаке), Аксукская (Ермаковская) ГРЭС, угольные разрезы в Экибастузе, канал Иртыш-Караганда, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ряд строительных предприятий. Для энергоснабжения развернувшихся строительных работ в Павлодар в 1955 году были доставлены и развернуты два первых энергопоезда: мазутный фирмы Метро-Виккерс мощностью 1 МВт и Брянскою завода мощностью 4 МВт, работавший на кузнецком угле. Вскоре появились ещё три энергопоезда мощностью по 4 МВт каждый. Временно обеспечивали электроэнергией строительную индустрию пять энергопоездов общей мощностью 17 тысяч киловатт.

По составу оборудования энергопоезда соответствовали электростанциям среднего давления и имели рабочие параметры пара 40 атм и 450 °С. Генератор типа АК-2-4-2 был мощностью 4 МВт, напряжение 6 кВ, 3000 оборотов в минуту с воздушным охлаждением. Каждый энергопоезд располагался на 13 вагонах: в первых трех вагонах - три однотипных однобарабанных котла с производительностью 8,5 тонн/час каждый, в следующем вагоне размещалось оборудование химводоочистки с деаэратором и испарительной установкой. затем вагон с турбогенераторной установкой, следом четыре вагона с однотипными градирнями и замыкали состав вагон-мастерская и служебный вагон.

Энергопоезда по своему оборудованию соответствовали электростанциям среднего давления, с рабочими параметрами пара 40 атмосфер и 450 градусов Цельсия. Каждый поезд состоял из 13 вагонов. В первых трех вагонах располагались три одинаковых однобарабанных котла производительностью 8,5 тонн пара в час каждый. В четвертом вагоне находилось оборудование для химической очистки воды с деаэратором и испарительной установкой. Далее следовал вагон с турбогенераторной установкой,

за ним четыре вагона с однотипными градирнями. Замыкали состав вагон-мастерская и служебный вагон.

Трестом передвижных электростанций в Павлодар для комплектования персонала энергопоездов были направлены ведущие специалисты, работавшие до этого на энергопоездах в разных городах бывшего Советского Союза. Впоследствии многие из них стали костяком эксплуатационною персонала предприятия большой энергетики. среди них будущие руководители предприятий «Павлодарэнерго» (Кириллов Анатолий Степанович, Тен Владимир Григорьевич, Панасенко Александр Васильевич. Тальян Тиберий Александрович, Савельев Вениамин Владимирович. Демин Владимир Иванович) и ведущие специалисты (Чернявский Юрий Павлович. Лобченко Леонид Павлович, Круглова Нина Михайловна и многие другие).

Первенцем большой энергетики Павлодарского региона стала Экибастузская ТЭЦ, проектным топливом которой являлся экибастузский уголь. Участвовал в проекте Киевский научно-исследовательский институт «Укрگیпрошахт». Свой первый промышленный ток предприятие дало в декабре 1956 года. Трудности неустойчивого процесса горения экибастузского угля требовало обязательного добавления мазута. Также был острый дефицит воды, которую электростанция получила только с пуском трубопровода Калкаман-Экибастуз в 1959 году. [2]

Экибастузская ТЭЦ стала лабораторной площадкой по исследованию и возможности сжигания экибастузского угля в топках котлов, чем занимались специалисты Уральского отделения ОРГЭС. Они провели колоссальную работу по модернизации украинского проекта. Проведенный объем реконструктивных работ, установка низконапорных турбулентных горелок взамен амбразур простейшего типа, внедрение регуляторов процесса горения позволили электростанции наладить устойчивую работу на твердом топливе.

В конце пятидесятых годов в Казахстане также было проведено опытное сжигание экибастузских углей на наиболее крупных в то время электростанциях (Карагандинская ГРЭС-1. Актюбинская ТЭЦ, Балхашская и Джезказганская ТЭЦ), проектным топливом для которых были карагандинские угли. К сожалению, эти опыты не дали положительного результата. Тем не менее, основываясь на заключениях специалистов и положительном опыте уральских станций, Госплан Казахской ССР письмом от 18.03.1960 года

рекомендовал проектирование новых крупных электростанций осуществлять исключительно на экибастузских углях, в течение ближайших последующих лет переоборудовать существующие электростанции для обеспечения возможности перевода их на экибастузские угли.

До 1965 года ЭТЭЦ работала изолированно, коэффициент спроса нагрузки колебался в широких пределах от 0,2 до 1 МВт. Частота на шинах генератора колебалась от 45 до 54 герц, часто срабатывал автомат безопасности на турбинах от превышения оборотов. Частотная разгрузка отсутствовала и оперативный персонал регулировал частоту ограничения потребителей, либо отключая со щита управления, либо договариваясь с потребителями.

В это же время Бойко Ф.К. продолжает заниматься нагрузками сельских электрических сетей, которые являются очень разветвленными. Он предложил свой подход определения значения электрических нагрузок, основанный на физических зависимостях, характеризующих параметры электрических нагрузок.

Результаты исследования в этой области были в те годы отражены им в ряде опубликованных работ: статья «Метод уточнения расчетных нагрузок в сетях низкого напряжения», опубликованная во втором номере журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства» за 1958 год. Статья «Об определении электрических нагрузок сельскохозяйственных потребителей» была включена в томе VI научных трудов по электрификации сельского хозяйства за 1960 год (г. Москва).

В основу формирования суммарного графика электрических нагрузок Федором Бойко были положены закономерности теории вероятностей и технологический процесс. Данные публикации не остались незамеченными ведущими энергетиками страны. Бойко Ф.К. вводят в состав Всесоюзной комиссии по электрическим нагрузкам. В комиссии работали такие ведущие ученые в области энергетики, как академик Б. В. Гнеденко (зав. кафедрой теории вероятностей МГУ); доктор технических наук, профессор А. А. Федоров (зав. кафедрой ЭПП МЭИ); д. т. н. Г. М. Каялов (зав. кафедрой ЭПП Новочеркасского института); к. т. н. Ю. Л. Мукосеев (зав. кафедрой Горьковского политехнического института); д.т.н. С. Д. Волобринский и др.

Федора Константиновича заметили в ученом мире. Его вводят в состав комиссии по электрическим нагрузкам секции электроснабжения промышленных предприятий ЦЕНТОЭ и ЭП.

В составе комиссии он принимает непосредственное участие в разработке руководящих указаний [4,5].

Межведомственный экспертно-технический совет Госинспекции по промышленной энергетике и электронадзору Союзглавэнерго при Госплане СССР, своим решением за № 1/61 от 19 января 1961 года одобрил и рекомендовал руководящие указания, как временные, (к утверждению в части директивной), методы расчета однофазных нагрузок. В числе разработчиков руководящих указаний наряду с известными в то время учеными в области энергетики, такими как Д. С. Волобринский, С. Е. Гродский, А. А. Ермилов, Е. Н. Кизевертов, П. Н. Клейн, Г. М. Каялов, Д. С. Лившиц, А. А. Максимов, Б. С. Мешель, Ю. Л. Мукосеев, С. И. Огородников, В. А. Розенберг, А. А. Федоров и др. значится инженер-электрик из далекого Павлодара - Бойко Федор Константинович [4,5].

Он активно работает в составе комиссии по нагрузкам секции электроснабжения промышленных предприятий.

В это время энергетический потенциал Павлодарской области в 1960 году, даже с учетом введенных Экибастузской ТЭЦ и энергопоездов, оставался все еще наименее развитым в сравнении с другими регионами Казахстана и составлял всего в пределах 1% от установленной мощности республики, которая к этому времени достигла 3170 МВт.

В 1956 начато строительство первенца энергетики Павлодара – ТЭЦ-2 для осуществления теплоснабжения производственным паром и горячей водой, а также электроэнергией комбайнового завода. 1 февраля 1961 года в 1 ч. 15 мин. генератор ТЭЦ-2 выдал первый промышленный ток в энергосистему г. Павлодара. В этот день был поставлен под нагрузку первый турбогенератор мощностью 25 МВт. выдавший промышленный ток в энергосистему города Павлодара. Ввод в действие ТЭЦ в те годы позволил резко поднять темпы строительства комбайнового, алюминиевого, ферросплавного заводов, ГРЭС в Ермаке, а также создать благоприятные условия для работы промышленных предприятий и удовлетворения бытовых нужд горожан.

30 июня 1964 года в Казахстане сдана в эксплуатацию Павлодарская ТЭЦ-1, установленной электрической мощностью 350 тыс. кВт.

Павлодарская ТЭЦ-3 – самая мощная теплоэлектроцентраль Казахстана, основной теплоисточник для предприятий Северного промузла города и значительной части жилищно-коммунального

хозяйства Павлодара. Строительство ее началось в 1965 г., первые агрегаты введены в эксплуатацию в 1972 г. За период с 1972 по 1979 г. на станции были введены в эксплуатацию 6 энергетических котлов производительностью по 420 т/ч, 2 водогрейных котла производительностью по 180 Гкал/ч и 6 паровых турбин (2 турбины Брненского завода, ЧССР, одна типа Р-50-130-13 ЛМЗ и 3 Уральского турбомоторного завода).

28 сентября 1975 года вступила в полную проектную мощность Ермаковская ГРЭС. Ермаковская ГРЭС является крупной тепловой конденсационная электростанция проектной мощностью 2,4 Гвт (млн. квт). На электростанции устанавливаются 8 блоков по 300 Мвт (тыс. квт).

С 1960 года в Павлодарском регионе создан Павлодарский индустриальный институт, который является с тех пор мощной кузницей кадров для энергетического кластера Республики Казахстан. С 1976 по 1984 года руководил этим высшим учебным заведением Федор Константинович Бойко, который являлся талантливым практиком-производителем энергетики Казахстана, уважаемым преподавателем, академиком. Его вклад в развитие энергетики региона, ее модернизацию и подготовку высококвалифицированных инженеров и молодых ученых республики трудно переоценить.

Энергетический кластер развивается за счет возобновляемых источников энергии. В рамках программы «Дорожная карта занятости 2020», на участках отгонного животноводства и крестьянских хозяйств области, не имеющих возможности подключения к централизованному электроснабжению, установлены 105 единиц комбинированных блок-модулей (солнечная батарея плюс ветрогенератор), 13 единиц механических ветронасосов, суммарная мощность которых составляет 97,0 кВт. Аккумулятор Железинского района установлены комплексы автономного уличного освещения в количестве 98 штук, обеспечивающие независимое от внешней сети освещение, работающих на солнечных батареях. Кроме того, ООО «Клуб Караванеров» 27 июня 2016 г. установлены светодиодные ленты, работающие при помощи 2-х ветрогенераторов и 16 солнечных панелей для подсветки моста трассы Майкапчагай-Омск на участке развязки Павлодар-Астана.

Торайгыров университетом создана демонстрационная зона высокой энергетической эффективности, где установлены 4 ветрогенератора и 96 солнечных батарей общей мощностью

11,6 кВт. На базе ветрогенерирующей установки с солнечными батареями проводятся практические занятия для студентов и магистрантов специальности «Электроэнергетика». В настоящее время высокий уровень, заданный Ф.К.Бойко, поддерживают не менее талантливые энергетики Павлодарского региона.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Эти трудные шаги жизни / под ред. д.т.н., профессора Птицыной Е. В. – Павлодар ТОО НПФ «ЭКО», 2015. – 232 с
- 2 Становление и развитие энергетики Павлодарской области / А. М. Сафарбаков. – Павлодар: ЭКО, 2003. – 396 с
- 3 Шевченко С. Очерки истории Павлодарского Прииртышья. Часть вторая. – Павлодар, 2000. – 239 с
- 4 Бойко Ф. К. Проект руководящих указаний по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий (соавтор). «Промышленная энергетика». – 1959. – № 11,12
- 5 Бойко Ф. К. Временные руководящие указания по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий (соавтор). М., «Госэнергоиздат». – 1961.

ФАЗОВОРОТНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР: ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

КАЗАМБАЕВ А. М., ЖУРАВЛЕВ В. О.

студенты, Торайгыров университет, г. Павлодар

ДУБИНЕЦ Н. А.

ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Проводимая в последние десятилетия в ряде ведущих в области электроэнергетики стран интенсивная работа по реструктуризации и изменению принципов управления этой отраслью. Переход к рыночным отношениям в сочетании с изменением состава генерирующих источников (распределенная генерация, ветроэнергетика и др.), а также наличие законодательных и социальных ограничений по строительству новых линий электропередачи привели к значительным трудностям в развитии электрических сетей, связанных, прежде всего, с сокращением инвестиций в их создание и развитие.

Кроме того, в большинстве стран, включая Казахстан, также имеет место недостаток регулируемых средств компенсации реактивной мощности в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах. Ограничения пропускной способности линий электропередачи (ЛЭП) при авариях ограничивают мобилизацию аварийного резерва на электростанциях, даже если он есть. Таким образом, стремление к уменьшению затрат на производство и транспорт электроэнергии приводит к снижению надежности работы энергосистем, уменьшению аварийного резерва, а в некоторых странах - к возрастанию вероятности системных аварий.

Одним из путей оптимизации потокораспределения может быть использование фазоворотных трансформаторов (принцип их действия, а также другие возможные технические решения подробно рассмотрены в первой главе). По сравнению с другими устройствами, позволяющими осуществлять управление потоками активной мощности, такими как ППТ или ОРПМ, ФПТ недороги и просты в эксплуатации. Несмотря на большой потенциал их использования и удачный мировой опыт в осуществлении задач оптимизации потокораспределения, в настоящее время в сетях ЕЭС Казахстана ФПТ применяются мало.

Для управления потоком активной мощности в системе, которая имеет фазосдвигающие трансформаторы, используется особый тип трансформатора - фазосдвигающий. В данной статье будет рассмотрен именно ФПТ (фазоворотный трансформатор). Он уникален в принципе работы – данный трансформатор может сдвигать вектор мощности. В широком смысле, фазосдвигающий трансформатор является одним из видов квадратурного усилителя, который также называют фазорегулятором (PAR) или фазосдвигающим трансформатором.

Иные виды трансформаторов

В нашей электросистеме используются силовые трансформаторы и автотрансформаторы. Данные трансформаторы могут повышать и понижать напряжение при передаче энергии. Схема данных трансформаторов, в отличие от фазоворотных, проста и представляется пластинами, сложенными в цельный магнитопровод, обмотанный двумя проводами с разным количеством витков. Трансформаторы предназначены для повышения или понижения напряжения для передачи электроэнергии и для питания потребителей необходимым напряжением, а также для регулирования напряжения. [4. с. 70]

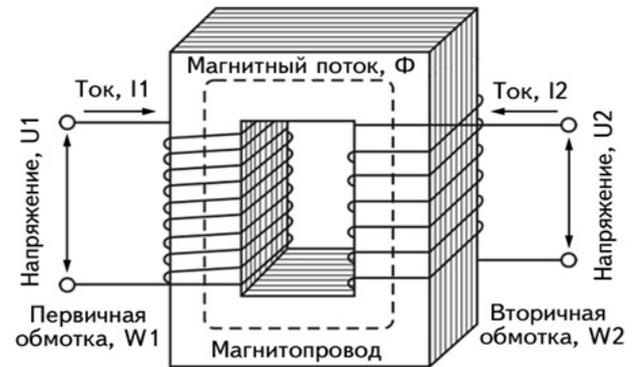


Рисунок 1 – Схема внутренней части трансформатора

Большую популярность получили трёхфазные трансформаторы, ибо их экономические показатели подходят для повсеместной их эксплуатации. Однако их главная уязвимость – обмотки. Обмотки — наиболее уязвимая часть трансформаторов, часто выходящая из строя. Наиболее распространенные повреждения обмотки — замыкания между витками и на корпус, между секционными пробоями, электродинамические разрушения, обрыв цепи. [4. с. 70-75]

Принцип работы, схема и функции ФПТ

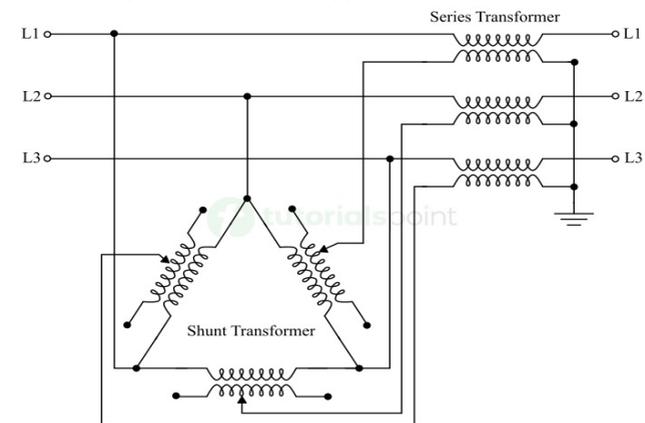


Рисунок 2 – Схема фазоворотного трансформатора [3]

Схема типичного ФПТ состоит из двух трансформаторов: блока последовательного трансформатора и блока шунтирующего трансформатора. Соединение этих двух блоков представлено на рисунке.

В основе работы фазосдвигающего трансформатора лежит регулировка фазового угла между входным и выходным напряжениями в сети передачи. Данная функция позволяет контролировать поток активной мощности в линиях передачи.

Первичная обмотка блока шунтирующего трансформатора подключена к фазам линии передачи, таким образом, он создает выходное напряжение, смещенное на 90° по фазе относительно напряжения питания.

Смещение выходного напряжения блока шунтирующих трансформаторов подается на блок последовательных трансформаторов. Вторичная обмотка блока последовательных трансформаторов подключается последовательно с фазой линии передачи, так что добавляется составляющая вне фазы. Таким образом, общее выходное напряжение линии передачи представляет собой векторную сумму напряжения питания и 90° -ной или квадратурной составляющей, генерируемой шунтирующим трансформатором.

Величину квадратурной составляющей можно контролировать, регулируя соединения ответвлений на вторичной обмотке блока шунтирующего трансформатора.

Помимо того, что фазоповоротный трансформатор обладает функцией регулирования угла фазы, данный аппарат обладает и перечнем ещё нескольких функций:

Фазоповоротный трансформатор обладает возможностью балансировать нагрузку во всех параллельных линиях передачи, во избежание перегрузки любой отдельной линии сети.

Фазоповоротный трансформатор обладает хорошей прочностью при больших напряжениях. Благодаря такой функции их используют для более эффективного управления при больших напряжениях в системе.

Также ФПТ может защищать от тепловых нагрузок, управляя поток мощности и предотвращая перегрузку ЛЭП.

Помимо всего этого, ФПТ регулирует разность фазовых углов между входным и выходным напряжениями линии передачи. Данная функция предоставляет контроль над потоками активной и реактивной мощности и реализовать эффективную передачу электроэнергии.[3]

В практике ФПТ могут быть различных типов, и каждый тип трансформатора имеет свои особенности. К типам ФПТ относят:

- Прямой фазоповоротный трансформатор (ПФС)
- Косвенный фазоповоротный трансформатор (КФС)
- Асимметричный фазоповоротный трансформатор (асимметричный ФПТ)
- Симметричный фазоповоротный трансформатор (симметричный ФПТ) [3]

Мировой опыт

Фазоповоротные трансформаторы (в Британии их называют квадратурными бустерами, Quadrature boosters, QB) применяются в британской энергосистеме с 1969 г., когда был введён в эксплуатацию первый образец на напряжение 275 кВ. В настоящее время в стране действуют около 15 ФПТ мощностью от 750 до 2750 МВ·А с номинальными напряжениями 275 и 400 кВ.

Энергосистема королевства допускает управление потоками мощности после отключения одной или нескольких крупных ЛЭП, что позволяет повысить надёжность электроснабжения потребителей.

Французские энергокомпании с 1998 г. разрабатывают и внедряют ФПТ в собственной энергосистеме и в электрических сетях других государств. Иногда ФПТ комплектуются автотрансформатором, у которого переключатель ответвлений способен работать под нагрузкой, что позволяет в определённых пределах регулировать величину тока в линии во время её работы. Длительный опыт эксплуатации ФПТ во Франции подтвердил их эффективность для решения проблемы распределения потоков мощности.

В Нидерландах и Бельгии ФПТ в основном используются на транзитных подстанциях, связывающих национальные энергосистемы. Например, линия 220 кВ между подстанциями Choos компании RTE и Монсеау компании Elna, важная для бельгийского промышленного района Шарлеруа, может быть сильно перегружена в случаях отказов на других межнациональных ЛЭП.

ФПТ 220/150 кВ, установленный на подстанции Монсеау, имеет мощность 400 МВ·А и обеспечивает диапазон регулирования фазы от -15 до $+3^\circ$. Системы управления и защиты автоматически реагируют не только на команды Системного оператора, но и на различные аварийные события, такие, как удары молний, повреждение линий и выключателей.

В США и Канаде фазоповоротные трансформаторы используются для решения широкого круга задач, включая увеличение резерва мощности подстанций, ослабление взаимного влияния линий и даже для плавок гололода. Например, ФПТ компенсирует паразитный сдвиг фаз, внесённый токоограничивающими реакторами (схема ФПТ-Р), которые срабатывают при коротких замыканиях. В некоторых случаях последовательно в линию включается блок, состоящий из двух параллельных цепей: ФПТ-Р и ФПТ-С (ФПТ, последовательно соединённый с конденсатором). Такая схема обеспечивает постоянную реактивную мощность и максимальную передачу активной мощности по линии.

В 2009 г. в Казахстане была введена в эксплуатацию межрегиональная ЛЭП 500 кВ Северный Казахстан - Актюбинская область протяжённостью 487 км. На подстанции 500 кВ Ульке впервые в СНГ был установлен ФПТ 500/220 кВ мощностью 400 МВ·А, обеспечивающий диапазон сдвига фазы 0-20°. Агрегат спроектирован и изготовлен компанией «Запорожтрансформатор».

Заключение

Как вывод можно сказать, что ФПТ является действительно необычным в принципе своего действия. Это устройство может помочь решить проблему распределения энергии в нашей стране так как последние годы Казахстан в следствии своей энергетической политики имеет сильно разрозненный баланс распределения по всей стране. В результате чего страна вынуждена прибегать к мерам по покупке электроэнергии и смирению с потерями большого количества электроэнергии. ФПТ в действительности по многолетнему опыту стран Европы и США в частности показал хороший результат в сравнении с нашими Повышающими и понижающими трансформаторами. Мы использовали дешёвый вариант который к сожалению приводит к потерям и издержкам. Но не поздно начать вносить нововведения так как ФПТ хоть и является дорогим агрегатом но в перспективе хорошо окупаем что может осуществить планы по полному обеспечению страны электроэнергией с хорошими показателями

ЛИТЕРАТУРА

1 Акимов Дмитрий Андреевич: Применение фазоповоротных трансформаторов для оптимизации режимов работы электроэнергетических систем 2018 г. – 139 с.

2 А. С. Брилинский, Г. А. Евдокунин, В. А. Крицкий, Ю. В. Матвиенков, Л. С. Смирнова, А. П. Сидельников: Фазоповоротный трансформатор впервые применён на гидроэлектростанции 2019 г. – С 4-5

3 Phase Shifting Transformer (Quadrature Booster) <https://www.tutorialspoint.com/smart-grid-technology/phase-shifting-transformers.htm>

4 Промышленные подстанции: учебное пособие / Ю. А. Леньков, А. С. Барукин. - Павлодар: Toraighyrov University, 2022. - 415 с.

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

КУРГУЗОВ Н. Н.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУРГУЗОВА Л. И.

к.т.н., доцент, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУРГУЗОВА М. Н.

главный специалист,

ТОО «Электротехнический институт «ТЭЛПРО», г. Павлодар

Современный этап развития электроэнергетики Казахстана, России и других стран Содружества Независимых Государств характеризуется повсеместным обновлением электрического оборудования. Это затрагивает как вводимые в эксплуатацию новые объекты, так и реконструируемые, причем в части оборудования как первичных, так и вторичных цепей. В части релейной защиты (РЗ) электроустановок обновление характеризуется переходом от устройств на аналоговой элементной базе к цифровым устройствам – терминалам микропроцессорных релейных защит (МПРЗ).

Следует заметить, что с переходом РЗ на цифровую технику эксплуатация связывала определенные надежды на более высокий уровень технического совершенства в части селективности и устойчивости функционирования (несрабатывания в режимах без КЗ и в режимах внешних КЗ) [1]. Однако излишние и ложные срабатывания оказались, к сожалению, присущими и МПРЗ, в частности, дифференциальным токовым защитами (ДЗ) – основным

защитам от многофазных замыканий электродвигателей, трансформаторов и сборных шин [2,3].

Настоящая работа посвящена анализу причин ложных срабатываний ДЗ мощных синхронных электродвигателей (СД) типа СТД-8000, выполненных на терминалах МПРЗ серии Sepam 2000.

СД типа СТД-8000 номинальной мощностью 8000 кВт и номинальным напряжением 10 кВ используются, в частности, на нефтеперекачивающих станциях для привода нефтяных магистральных насосов типа НМ-10000-210. Эти насосы обеспечивают повышение напора транспортируемой нефти для ее дальнейшего перекачивания.

Для защиты, измерений, контроля и управления электродвигателями на нефтеперекачивающих станциях используются, в частности, терминалы МПРЗ серии Sepam 2000. Терминалы обеспечивают защиту СД от всех видов повреждений и ненормальных режимов. Основной защитой от междуфазных КЗ в указанных терминалах является продольная ДЗ (код ANSI 87M).

В эксплуатации неоднократно отмечались [4] случаи ложных срабатываний СД типа СТД-8000 в переходных режимах прямого пуска, сопровождаемых прохождением значительных токов небаланса. Следует заметить, что переходные токи небаланса не всегда вызывают нештатную работу ДЗ. На рис. 1 – 3 приведены осциллограммы успешного и неуспешных пусков СД. Проанализируем работу СД и ее ДЗ в переходных режимах прямого пуска с использованием приложения FastView 4.2 НТЦ «Механотроника» для отображения осциллограмм, а также для расчета и анализа сигналов.

Рассмотрим осциллограмму успешного пуска СД типа СТД-8000 (рис. 1). На осциллограмме приведены кривые изменения во времени мгновенных значений:

- линейного напряжения питающей сети;
- вторичных токов первого плеча и второго плеча фазы А защиты;
- вторичных токов первого плеча и второго плеча фазы С защиты;
- тока небаланса фазы А защиты;
- тока небаланса фазы С защиты.

Включение СД в сеть сопровождается понижением питающего напряжения, что обусловлено значительным пусковым током

(паспортное значение кратности пускового тока СД – 6,93). В момент включения СД в сеть в фазах А и С обмотки статора пусковой ток содержит как вынужденные, так и апериодически затухающие свободные составляющие. Апериодические составляющие пускового тока в фазах А и С обмотки статора выводят сердечники более нагруженных трансформаторов тока (ТТ) второго плеча ДЗ в насыщение уже в первый период.

Пока сердечники менее нагруженных ТТ первого плеча ДЗ еще не насыщены, токи небаланса в фазах А и С защиты в первый и второй периоды переходного процесса пуска СД имеют однополярный характер (без полуволн обратного знака). В амплитуде эти токи достигают значений, близких к 3А. После насыщения сердечников ТТ первого плеча ДЗ апериодической составляющей пускового тока, в токах небаланса появляются, начиная с 3-его периода, полуволны обратного знака. По мере затухания апериодической составляющей пускового тока сердечники ТТ обоих плеч ДЗ выходят из насыщения, что приводит к снижению тока небаланса.

Последующее вхождение сердечников ТТ плеч ДЗ в область насыщения, обусловленное аналогичным действием на сердечники ТТ [5] свободного тока переменной частоты в фазах А и С обмотки статора СД, приводит к повторному и более продолжительному протеканию тока небаланса. Токи небаланса содержат полуволны обоих знаков, хотя их значения существенно меньше первоначальных значений. Ложного срабатывания МПРЗ в указанном режиме пуска не происходит.

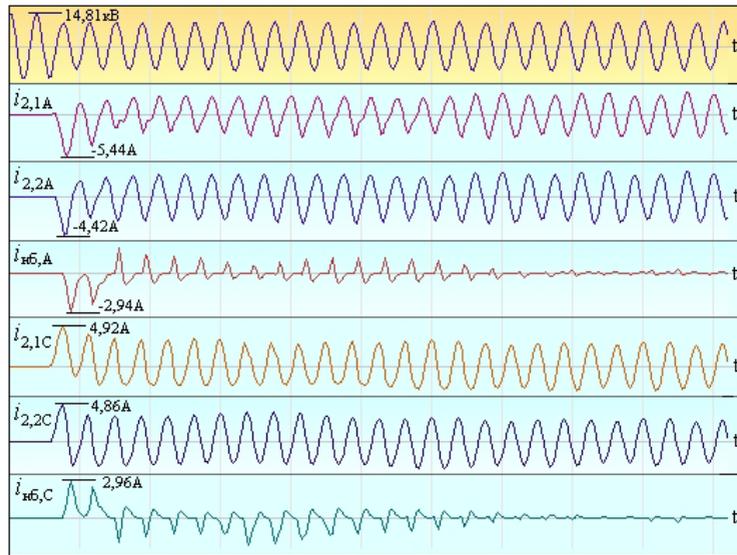


Рисунок 1 – Осциллограмма успешного пуска СД

Рассмотрим пуск СД с первым случаем неуспешного пуска СД [4]. На рис. 2 приведена осциллограмма ложной работы ДЗ. В отличие от рассмотренного выше первого пускового режима, во втором случае аperiodическая составляющая пускового тока в фазе А обмотки статора незначительно насыщает сердечники ТТ во второй период. Начиная с третьего периода, насыщение поддерживается нарастающим по величине током переменной частоты. Ток небаланса в фазе А защиты при этом имеет полуволны обоих знаков. Продолжительность глубокого насыщения сердечников ТТ током переменной частоты составляет 0,22 с, в амплитуде ток небаланса достигает 1,57А.

Аperiodическая составляющая пускового тока в фазе С обмотки статора СД выводит в область глубокого насыщения сердечники ТТ второго плеча ДЗ уже во второй период. В амплитуде однополярный ток небаланса достигает значения 3,94А. Знакопеременный ток небаланса имеет место в третий и последующие периоды переходного процесса пуска СД, когда насыщение сердечников ТТ поддерживается током переменной частоты. По мере затухания тока переменной частоты, сердечники ТТ выходят из режима насыщения и ток небаланса уменьшается.

Однако длительное протекание значительного по величине знакопеременного тока небаланса привело к ложному срабатыванию ДЗ и отключению СД от питающей сети.

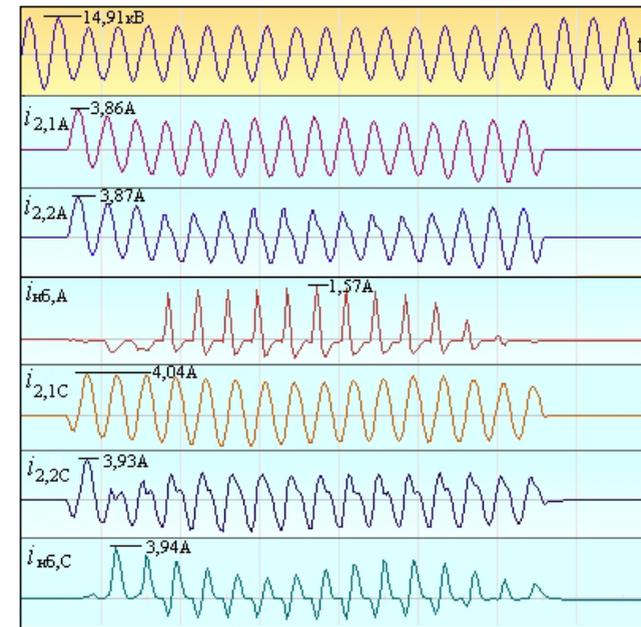


Рисунок 2 – Осциллограмма первого ложного срабатывания ДЗ

В то же время, проведенные в [4] эксперименты показали, что глубокое насыщение сердечников ТТ, обусловленное аperiodической составляющей пускового тока СД, может также иметь место уже в первый период процесса пуска СД. На рис. 3 приведена осциллограмма второго неуспешного пуска СД, вызванного ложным срабатыванием МПРЗ. Как видно из осциллограммы, аperiodическая составляющая тока в фазе А обмотки статора СД уже в первый период переходного процесса пуска выводит в область глубокого насыщения сердечники ТТ обоих плеч ДЗ. Начиная с первого периода, ток небаланса имеет знакопеременный характер. Наибольшее насыщение сердечников ТТ и максимальный ток небаланса наблюдается во второй период (в амплитуде достигает значения – 2,44А). Ложное срабатывание ДЗ в этом режиме обусловлено глубоким насыщением сердечников ТТ аperiodической составляющей пускового тока СД.

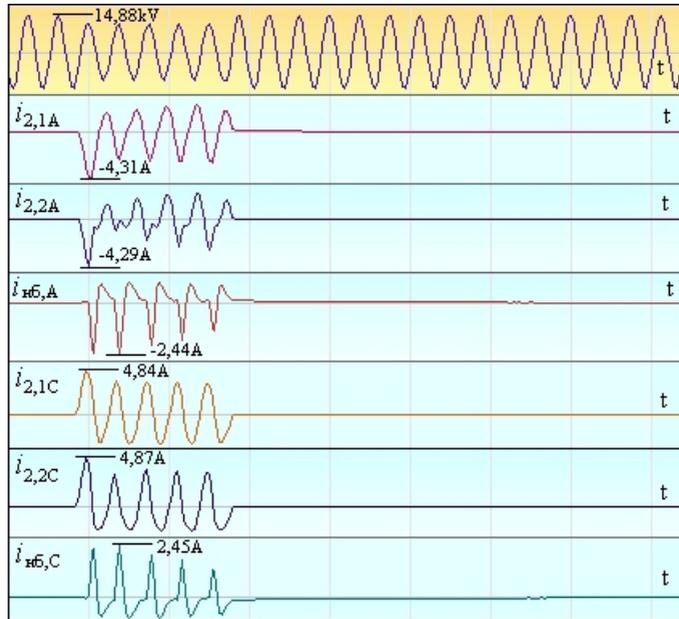


Рисунок 3 – Осциллограмма второго ложного срабатывания ДЗ

Заключение

Проведенный анализ поведения МПРЗ в переходных режимах пуска СД показал возможность нарушения устойчивости функционирования продольных ДЗ.

Ложные срабатывания терминалов Seram 2000 обусловлены значительными переходными токами небаланса ДЗ в результате глубокого насыщения сердечников ТТ аperiодическими составляющими и токами переменной частоты.

Для исключения ложных срабатываний защит, выполненных на любой элементной базе, в том числе МПРЗ, необходим полноценный учет всех факторов, влияющих на устойчивость функционирования ДЗ.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Федосеев М. А. Релейная защита электрических систем. – М.: Энергия, 1976.- 560 с.
- 2 Кужеков С. Л., Нудельман Г. С. Обеспечение правильной работы микропроцессорных устройств дифференциальной

защиты при насыщении трансформаторов тока // Известия вузов. Электромеханика. 2009. № 4. С. 12-18

3 Kuzhekov S. L., Degtyarev A. A. On the coordination of Current Transformers and Relay Protection and Automation operation of Electric Power Systems in transient Short-Circuit states // Russian Electrical Engineering. 2017. Т. 88. № 12. Pp. 832-838.

4 Ложная работа дифференциальной защиты при пуске синхронного двигателя. Форум: Советы бывалого релейщика. [Электронный ресурс] //URL: www.rzia.ru/topic6781-lozhnaya-rabota-diffzashchity-pri-puske-sinkhronnogo-dvigatelya.html (Дата обращения: 17.01.2025).

5 Богдан А. В., Кургузов Н. Н., Кургузова Л. И. Токи небаланса дифференциальных защит мощных электродвигателей // Электрические станции. 1980. №9. С. 46-50.

АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В КАЗАХСТАНЕ БЫТЬ

ЛЕНЬКОВ Ю. А.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КИРИЧЕНКО Д. Е.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

Человек — это уникальное существо, которое адаптировалось не только к окружающей среде, но и научилось находить, извлекать и использовать энергию, которая присутствует в окружающем его мире.

Для выживания на протяжении многих веков человечество использовало окружающие его силы природы: энергию ветра и энергию водяного потока для сооружения ветровых и водяных мельниц.

Впоследствии, после изобретения электродвигателя пригодного для реальных применений, энергию ветра и потока воды стали использовать для выработки электрической энергии. Казалось, что все возможные ресурсы были найдены и довольно хорошо исследованы.

Однако, начиная с середины двадцатого века, ученые открыли абсолютно новые горизонты в области энергетики — использование энергии, заключенной в атомных ядрах тяжелых элементов. Это открытие стало знаковым моментом в истории человечества, так как позволило значительно увеличить объем доступной энергии и

предложило альтернативные решения для удовлетворения растущих потребностей общества [1].

2 декабря 1942 года в Чикагском университете была достигнута управляемая цепная реакция ядерного распада топлива в виде урана, замедлителем нейтронов был графит [2].

Первый промышленный атомный реактор мощностью около 100 кВт на быстрых нейтронах EBR-1 был создан 20 декабря 1951 года в Национальной лаборатории Айдахо [3], что стало толчком для развития атомной энергетики.

В Казахстане первая АЭС с атомным реактором БН-350 на быстрых нейтронах и натриевым теплоносителем была пущена в строй в г. Шевченко (ныне Актау) 16 июля 1973 года, рисунок 1.



Рисунок 1 – Первая АЭС Казахстана с атомным реактором БН-350

Установка проработала до 1999 года, когда была переведена в режим вывода из эксплуатации.

С конца 1990-х неоднократно поднимался вопрос о строительстве новой полноценной АЭС в Казахстане. Это связано с тем, что Южная зона в связи с недостаточным наличием собственных топливно-энергетических ресурсов и, соответственно, генерирующих мощностей является энергодефицитной.

Во время СССР в данной зоне, в районе поселка Үлкен, планировалось строительство Южно-Казахстанскую ГРЭС [4]. Однако в связи с развалом СССР строительство данной станции не началось.

В настоящее время Казахстан испытывает острую нехватку электроэнергии, с годами ситуация будет ухудшаться. Как передает Sputnik Казахстан, по словам председателя казахстанской ассоциации энергоснабжающих организаций Сергея Агафонова в 2023 Казахстан импортировал 8% энергии в общем балансе, в приближающийся период импорт электроэнергии может достичь 12% и даже 15%.

Это связано с тем, что за последние годы в Казахстане не велось строительство новых электростанций, а действующие тепловые электростанции, работающие на угле, имеют износ основного оборудования до 70 и более процентов. Изношенное оборудование способствует увеличению углекислого газа выбрасываемого в атмосферу, а также увеличению выбросов сернистого газа и окислов азота, что сказывается на качестве воздуха, здоровье людей и изменении климата.

Борьба с изменением климата для Казахстана является приоритетным направлением, поэтому в 2013 году была принята «Концепция зеленой экономики», которая предусматривает 100%-ную углеродную нейтральность к 2060 году, за счет сооружения ветровых и солнечных электростанций и строительства АЭС.

В 2016 году Казахстан подписал Парижское соглашение и взял на себя обязательства - к 2030 году сократить выбросы парниковых газов на 15% от уровня 1990 года.

Для этой цели подходят возобновляемые источники энергии и атомная генерация.

Глава государства Касым-Жомарт Токаев, выступая на II республиканском форуме депутатов маслихатов всех уровней, сказал: «Возведение атомной электростанции – долгосрочный проект, он обеспечит устойчивый прогресс нашей страны на десятилетия вперед, создаст условия для подготовки целого класса инженеров и специалистов самого разного профиля» [5].

В интервью российской газете «Известия» от 8 ноября 2023 года президент РК Касым-Жомарт Токаев отметил: «Есть разные мнения по поводу целесообразности строительства АЭС в нашей стране. С одной стороны, в Казахстане имеется значительный потенциал для развития атомной энергетики. Страна занимает первое место в мире по объему добываемого природного урана, также имеется свое производство компонентов ядерного топлива и доступ к услугам по изотопному обогащению урана. На базе

Ульбинского металлургического завода выпускается готовое ядерное топливо для атомных электрических станций Китая».

Основными преимуществами атомных электростанций, которые делают их важным компонентом современного энергетического ландшафта, особенно в контексте борьбы с изменением климата и перехода к устойчивой энергетике являются:

- небольшие объемы топлива. Уран-235 имеет высокую энергетическую плотность, один килограмм обогащенного урана при полном расщеплении выделяет столько энергии, сколько дает сжигание примерно 100 тонн угля.

- экологическая безопасность. Атомные электростанции являются экологически чистым источником энергии, так как при производстве электрической энергии выделяется минимальный объем углекислого газа. В отличие от угольных электростанций, они почти не способствуют парниковому эффекту и глобальному потеплению. АЭС также не производят сернистый газ и окислы азота, которые негативно сказываются на качестве воздуха и здоровье людей.

- долговечность ядерного топлива. Свежее ядерное топливо может работать в реакторе 18–24 месяца без замены. После истощения его запасов реактор можно снова заправить, и замены топлива происходят реже, чем на угольных или газовых электростанциях.

- площадь станции. Атомные электростанции занимают меньше пространства по сравнению с традиционными угольными и газовыми станциями, а также альтернативными источниками энергии, такими как солнечные и ветровые установки [6].

Выступая с Посланием народу Казахстана, 1 сентября 2023 года, президент Касым-Жомарт Токаев предложил вынести вопрос о строительстве атомной электростанции на общенациональный референдум.

В своей речи на II республиканском форуме депутатов маслихатов всех уровней президент РК Касым-Жомарт Токаев, сказал: «Я уже неоднократно высказывал свою позицию по вопросу строительства АЭС. Чтобы не остаться на обочине мирового прогресса, мы должны использовать свои конкурентные преимущества. Если граждане проголосуют «за», то этот проект станет самым масштабным за всю историю Независимого Казахстана» [5].

6 октября 2024 года в Казахстане состоялся республиканский референдум по вопросу строительства АЭС. За строительство АЭС высказались 71,12 % избирателей.

АО «Казахстанские атомные электрические станции» исследовали два места для строительства: одно рядом с городом Курчатов (область Абай), а другое в районе села Улкен (Алматинская область), рисунок 2.

Выступая, на брифинге в Службе центральных коммуникаций, Генеральный директор АО «Казахстанские атомные электрические станции» Тимур Жантикин отметил, что оба района подходят для строительства АЭС. Энергетики выбрали преимущественно южный Казахстан - это точка, которая соответствует центру потребления, то есть, там есть уже готовая соответствующая инфраструктура, которая может быть использована при строительстве атомного энергоблока [7].



Рисунок 2 – Предполагаемые места сооружения АЭС

Жители села Улкен на публичных слушаниях 22 августа 2023 года поддержали возведение АЭС в Казахстане и выразили поддержку строительству АЭС в их посёлке. Местные жители отмечают высокую значимость АЭС для социально-экономического развития своих территорий. Они отмечают, что строительство АЭС [7]:

- создаст новые рабочие места, что приведет к росту занятости населения и повышению уровня жизни;
- будет стимулировать развитие сопутствующих отраслей экономики и увеличит налоговые поступления в бюджеты разных уровней и создаст дополнительные возможности для бизнеса;

– улучшит социальную инфраструктуру региона. За счёт средств АЭС могут быть построены новые школы, больницы, детские сады, дороги, спортивные объекты и другие объекты социальной инфраструктуры.

Выводы

1 Строительство атомной электростанции в Казахстане играет важную роль для страны и является основополагающим элементом для экономического и социального прогресса страны.

2 АЭС обеспечит стабильное и надежное производство электроэнергии, что значительно снизит зависимость от импортных источников и колебаний цен на энергоносители и будет способствовать экономическому росту и улучшению уровня жизни.

3 АЭС станет катализатором для развития смежных отраслей, таких как машиностроение и металлургия, что создаст новые рабочие места и повысит уровень занятости в стране.

4 АЭС будет способствовать достижению целей по снижению выбросов парниковых газов, что укрепит международный имидж Казахстана и сделает страну более привлекательной для иностранных инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1 History of nuclear power [электронный ресурс], [https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_nuclear_power]

2 Первая цепная реакция [электронный ресурс], https://proza.ru/2024/02/02/1780?ysclid=m3jm8pgz133449093

3 История атомной энергетики [электронный ресурс], https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.9ee7fd16-67381abc-8ed928eb-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/History_of_nuclear_power

4 https://www.zakon.kz/redaktsiia-zakonkz/4964428-v-poselke-gde-planiruyut-stroit-aes.html

5 https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/2169375-chtoby-nestatsya-na-obochine-mirovogo-progressa-tokaev-vyskazalsya-o-stroitelstve-aes-v-kazahstane/

6 https://www.gov.kz/memleket/entities/mfa-tashkent/press/article/details/139536

7 https://kazpravda.kz/n/nazvany-dva-rayona-vozmozhnogo-razmeshcheniya-aes-v-kazahstane/?ysclid=m3qqi01ykg858494319

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КРЕПЛЕНИЯ ГЕРКОНОВ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

МЕНДУБАЕВ А. А., ХАМИТОВ И. К.
студенты, Торайгыров университет, г. Павлодар

ВВЕДЕНИЕ

Введение в рассматриваемую тему требует глубокого понимания значимости защиты линий электропередачи (ЛЭП) от коротких замыканий (КЗ), а также ключевой роли, которую играют измерительные и защитные устройства в обеспечении их надежности и стабильности функционирования энергетической системы. ЛЭП представляют собой сложные технические сооружения, подвергающиеся воздействию различных внешних факторов, таких как неблагоприятные погодные условия, вибрации, температурные колебания, ветровые нагрузки, механические повреждения и старение материалов. Все эти факторы могут способствовать возникновению КЗ, что приводит к нарушению стабильности электрической сети и создаёт угрозу безопасности как для оборудования, так и для обслуживающего персонала. В этой связи одной из приоритетных задач в области энергетики является разработка и совершенствование систем защиты, способных не только предотвращать возникновение аварийных ситуаций, но и своевременно диагностировать и устранять их последствия.

Одним из главных элементов устройств защиты ЛЭП является геркон – магнитоуправляемый контакт, который срабатывает при изменении магнитного поля, замыкая или размыкая электрическую цепь и передавая сигнал о нарушении нормального режима работы. Герконы широко применяются в различных защитных устройствах благодаря их высокой чувствительности, быстрому времени отклика, низкому энергопотреблению и способности функционировать в условиях высоких напряжений. Однако надёжность и эффективность работы герконов в значительной степени зависят от правильного выбора метода их крепления и конструктивных особенностей самих креплений. Эти элементы должны обеспечивать точное позиционирование устройства относительно фазных проводов и минимизировать влияние внешних факторов, таких как вибрация, влажность и перепады температуры. Другими словами, выбор способа крепления герконов и его постоянное совершенствование

становятся важными задачами для повышения общей надёжности и долговечности защитных систем ЛЭП.

1 ИЗВЕСТНЫЕ СПОСОБЫ КРЕПЛЕНИЯ ГЕРКОНОВ

Существующие способы крепления герконов можно классифицировать на несколько основных категорий в зависимости от их конструкции и принципа работы [1]: крепёжные планки, хомуты, шарнирные соединения и корпусные конструкции. Каждый из этих методов имеет свои особенности, преимущества и ограничения, которые следует учитывать при проектировании и эксплуатации систем защиты [1, 2].

Крепёжные планки, этот способ предусматривает использование металлических или композитных планок, оснащённых шкалой для точного позиционирования геркона относительно фазного провода [1]. Основным преимуществом такого метода является возможность регулировки положения устройства с высокой точностью, что особенно важно для ЛЭП с высоким напряжением (110-220 кВ). Крепёжные планки обеспечивают надёжную фиксацию геркона, простоту монтажа и удобство технического обслуживания [3]. Однако они подвержены коррозии и механическому износу, что требует регулярного проведения профилактических мероприятий.

Хомуты обеспечивают жёсткое крепление геркона к конструктивным элементам опоры или фазным проводам. Этот метод отличается высокой виброустойчивостью и надёжностью, особенно в условиях сильных ветровых нагрузок или сейсмической активности. Преимуществами хомутов являются простота конструкции, лёгкость монтажа и демонтажа, а также устойчивость к механическим воздействиям [3]. Недостатки включают ограниченные возможности регулировки и необходимость дополнительной изоляции при использовании на линиях высокого напряжения.

Шарнирные конструкции позволяют гибко регулировать положение геркона в трёхмерном пространстве, что делает их незаменимыми в условиях ограниченного доступа или при сложной геометрии линий. Основным преимуществом шарнирных соединений является возможность точной настройки устройства без необходимости его демонтажа. Однако такие конструкции требуют регулярного технического обслуживания, так как подвержены износу и коррозии, что может повлиять на надёжность их работы.

Корпусные конструкции, герконы могут размещаться внутри защитных корпусов, которые обеспечивают их защиту

от механических повреждений, влаги и агрессивных сред [1, 2]. Корпусные конструкции особенно эффективны в экстремальных климатических условиях, таких как высокая влажность, низкие температуры или запылённость. Преимущества данного метода включают высокую степень защиты устройства и его устойчивость к внешним воздействиям [3]. Недостатки связаны со сложностью доступа к геркону для проведения технического обслуживания или замены.

2 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ ГЕРКОНОВ

Каждый из представленных методов крепления герконов обладает своими достоинствами и недостатками, которые необходимо учитывать при выборе оптимального решения для конкретных условий эксплуатации.

Крепёжные планки обеспечивают точность установки и простоту регулировки, но требуют регулярного контроля состояния из-за подверженности коррозии. Хомуты надёжны и устойчивы к вибрациям, но ограничивают возможность тонкой настройки устройства. Шарнирные соединения предоставляют большую гибкость в настройке, но усложняют конструкцию и требуют повышенного внимания к техническому состоянию. Корпусные конструкции защищают герконы от внешних воздействий, но затрудняют доступ к устройству для диагностики и ремонта [4].

3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ

Для повышения эффективности и надёжности работы систем защиты ЛЭП необходимо учитывать ряд факторов, направленных на совершенствование конструкций креплений герконов [5]:

- применение нержавеющей стали, алюминиевых сплавов с антикоррозионными покрытиями и композитных материалов позволяет значительно продлить срок службы креплений и снизить затраты на их обслуживание;

- использование амортизационных прокладок и упругих хомутов помогает снизить уровень вибраций, что особенно актуально для линий, расположенных в зонах с повышенной сейсмической активностью или сильными ветровыми нагрузками;

- универсальные крепёжные элементы с возможностью быстрой регулировки и замены позволяют упростить процесс монтажа и обслуживания, а также повысить адаптивность конструкций к различным условиям эксплуатации;

– интеграция датчиков вибрации, температуры, влажности и деформаций позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние креплений и своевременно выявлять признаки их износа или повреждений;

– использование углепластика, стеклопластика и других композитных материалов снижает вес конструкции, что уменьшает нагрузку на элементы опоры и повышает устойчивость креплений к внешним воздействиям;

– герметизация корпусов и применение гидрофобных покрытий обеспечивают защиту от влаги и предотвращают развитие коррозионных процессов, что особенно важно для ЛЭП, расположенных в условиях высокой влажности и перепадов температур;

– использование материалов с эффектом памяти формы и адаптивных механизмов позволяет устройствам автоматически возвращаться в исходное положение после деформаций, вызванных внешними воздействиями;

– применение компьютерного моделирования и алгоритмов оптимизации конструкции позволяет снизить материалоемкость и затраты на производство, сохраняя при этом необходимые показатели прочности и надёжности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование методов крепления герконов в системах защиты ЛЭП является важной задачей для повышения надёжности и долговечности энергетической инфраструктуры. Разработка и внедрение инновационных решений, таких как использование современных материалов, виброустойчивых конструкций, автоматизированных систем мониторинга и саморегулирующихся механизмов, позволяют значительно улучшить эксплуатационные характеристики устройств и снизить затраты на их обслуживание. Учитывая всё возрастающие требования к надёжности и безопасности энергосистем, дальнейшие исследования в этой области будут способствовать созданию более эффективных и устойчивых к внешним воздействиям защитных систем для ЛЭП.

ЛИТЕРАТУРА

1 Металлоконструкции и элементы крепления опор // Aksprom.biz [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aksprom.biz> [дата обращения: 06.02.2025].

2 Геркон // Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BD> [дата обращения: 06.02.2025].

3 Герконовые реле // КИТ-e.ru. [Электронный ресурс]. – URL: <https://kit-e.ru/gerkonovye-rele/> [дата обращения: 06.02.2025].

4 Повышение чувствительности токовых защит на герконах // Диссертация. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-chuvstvitelnosti-tokovykh-zashchit-na-gerkonakh> [дата обращения: 06.02.2025].

5 Конструкция опор // Восточно-Казахстанский технический университет [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ektu.kz> [дата обращения: 06.02.2025].

ДИАГНОСТИКА ПРОХОДНОГО ИЗОЛЯТОРА ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

МИРОШНИК В. Ю., ХОЛМОВ М. А.
аспиранты, ОмГТУ, г. Омск
НИКИТИН К. И.
д.т.н., профессор, ОмГТУ, г. Омск

Аннотация. Даже небольшие повреждения изоляции приводят к увеличению тока утечки. Регулярные измерения позволяют выявить эти повреждения на ранней стадии, до того, как они приведут к серьезным последствиям, таким как пробой изоляции, короткое замыкание, пожар или поражение электрическим током. Раннее обнаружение позволяет предотвратить дорогостоящий ремонт и потенциальные аварии. Многие нормативные документы и стандарты безопасности требуют периодического измерения тока утечки проходных изоляторов, обеспечивая тем самым соблюдение норм и правил безопасности при эксплуатации электроустановок. Однако такое мероприятие требует отключения электроустановки. Предлагаемое устройство измеряет ток утечки без отключения электроустановки, под напряжением, поэтому такое оно является актуальным.

Ключевые слова: шунт, проходной изолятор, сопротивление изоляции, вольтметр, ток утечки.

I. Введение

Проходные изоляторы широко используются в электроэнергетике: для ввода и вывода проводов и шин через

стены и перегородки распределительных устройств, во вводах высоковольтных обмоток через корпус трансформатора, для ввода и вывода обмоток генератора и двигателя через корпус, для изоляции ввода токоведущих частей выключателей, для изоляции ввода токоведущих частей разъединителей, для ввода и вывода измерительных трансформаторов тока и напряжения.

По статистике вероятность электрического отказа изоляторов составляет 0,001 [1–4], т.е. приблизительно один изолятор из тысячи повреждается в течение одного года.

Для эффективности диагностики и безопасности жизни людей большинство научных разработок, исследований и патентов направлены на создание устройств для выявления неисправных изоляторов, что является актуальным в настоящее время [5–7].

При загрязнении изолятора ток утечки протекает по его поверхности, а при внутренних дефектах, из-за некачественного изготовления или экстремальных условий эксплуатации, вызывающих ускоренное старение, ток утечки протекает по телу изолятора. В любом случае снижение сопротивления может привести к пробое и отключению электроустановки.

Целью данной статьи является разработка способа и устройства для измерения тока утечки проходного изолятора под напряжением.

II. Конструкция

Предлагается конструкция шунта [8], представляющая собой дополнительный резистор для прохождения электрического тока утечки в электрической цепи в форме шайбы из резистивного материала со сквозными отверстиями для крепления, в которые вставлены изоляционные втулки (Рис.1). Конструкция шунта размещена между фланцем проходного изолятора и поверхностью электроустановки. Она через сквозные отверстия со втулками закреплена болтами и гайками к поверхности электроустановки. Конструкция шунта позволяет измерить ток утечки и частичные разряды под напряжением, а, следовательно, и диагностировать изоляторы, определяя наличие дефектов на начальной стадии для своевременной его замены. Таким образом, это исключит повреждение проходного изолятора с возникновением короткого замыкания в системе с заземленной нейтралью или однофазного замыкания на землю в системе с изолированной нейтралью. При этом особенностью конструкции шунта является то, что она должна иметь достаточную механическую прочность, чтобы выдерживать статическую и динамическую нагрузки.

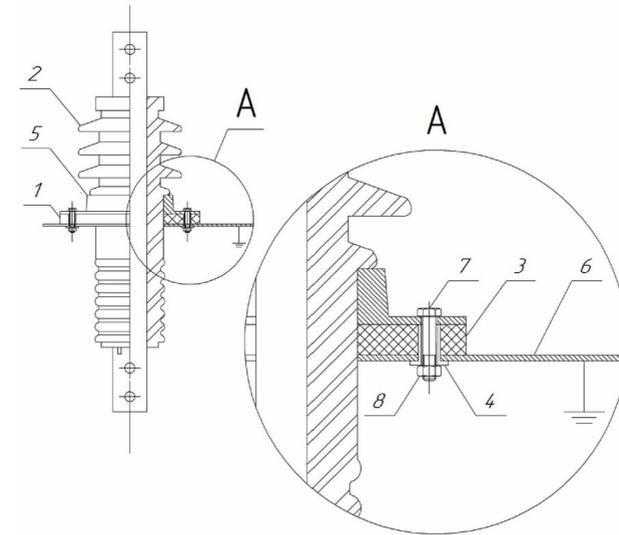


Рисунок 1 – Конструкция проходного изолятора с шунтом

Конструкция шунта 1 для диагностики проходных изоляторов 2 представляет собой дополнительный резистор для прохождения электрического тока утечки в электрической цепи, имеет форму шайбы 3 из резистивного материала со сквозными отверстиями для крепления, в которые вставлены изоляционные втулки 4. Конструкция шунта 1 размещена между фланцем 5 проходного изолятора 2 и поверхностью электроустановки 6. Она через сквозные отверстия со втулками закреплена болтами 7 и гайками 8 к поверхности электроустановки 6.

Шунт работает следующим образом.

В нормальном режиме, когда проходной изолятор исправен и обладает высоким сопротивлением, ток утечки и значения частичных разрядов в пределах нормы. Этот ток протекает от шины проходного изолятора, через тело изолятора, через шунт 1 к заземленной поверхности. На шунте 1 возникает падение напряжения в соответствии с законом Ома, которое поступает на диагностическое устройство, установленное на поверхности электроустановки (металлической, кирпичной, бетонной и пр.). Поскольку ток утечки мал и значение частичных разрядов также мало, то диагностическое устройство не срабатывает.

В режиме ухудшения состояния изолятора его сопротивление уменьшается. Ток утечки и значение частичных разрядов увеличивается и превышает критическую величину, а пропорционально ему увеличивается падение напряжения с шунта 1, поэтому диагностическое устройство срабатывает.

Предложенная конструкция шунта для непрерывной диагностики проходных изоляторов позволяет измерить ток утечки и частичные разряды под напряжением, а, следовательно, и диагностировать изоляторы с целью определения наличия дефектов на начальной стадии, из-за чего может быть своевременно проведена их замена.

III. Измерение тока утечки

Для измерения тока утечки необходимы соответствующие приборы: испытательная установка АИД-70М, проходной изолятор (дефектный/бездефектный) с фланцем, резистивный шунт, металлическая пластина, вольтметр (PV), болты с гайками, изоляционная втулка, провода, зажимы «крокодил». Собирается схема в соответствии с рис. 2.

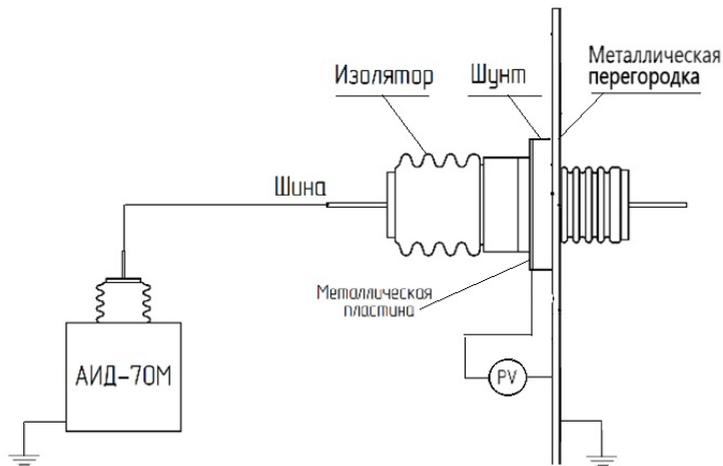


Рисунок 2 – Схема для измерения тока утечки проходного изолятора.

Метод измерений заключается в испытании проходного изолятора с целью определения значения тока утечки для характеристики сопротивления изоляции.

Процедура проведения измерения тока утечки $I_{\text{УТЕЧ}}$ заключается в подаче переменного напряжения испытательной установкой АИД – 70М от 0 кВ до 10 кВ на шину проходного изолятора, к которому прикреплён резистивный шунт с величиной $R_{\text{Ш}}$ с помощью болтов, изоляционных втулок и гаек. Шунт расположен между фланцем проходного изолятора и металлической пластиной. Вольтметр с помощью проводов и зажимов снимает падение напряжения УШ с шунта, подключенный параллельно в цепь: один контакт подсоединен к шине изолятора, а другой – к металлической перегородке. При измеренном напряжении шунта и заданном активном сопротивлении шунта, по формуле рассчитываем ток утечки:

$$I_{\text{УТЕЧ}} = \frac{U_{\text{Ш}}}{R_{\text{Ш}}}$$

Целесообразная величина сопротивления шунта принята $R_{\text{Ш}} = 20 \text{ кОм}$. Поэтому при напряжении на шунте около $U_{\text{Ш}} = 1 \text{ В}$, величина тока утечки равна:

$$I_{\text{УТЕЧ}} = \frac{U_{\text{Ш}}}{R} = \frac{1}{20000} = 0,00005 \text{ А} = 50 \text{ мкА}$$

Надо иметь в виду, что при таком токе и при номинальном напряжении $U_{\text{Н}} = 10 \text{ кВ}$ на изоляторе выделяется мощность $P_{\text{ПОТ}}$:

$$P_{\text{ПОТ}} = U_{\text{Н}} \cdot I_{\text{УТЕЧ}} = 10000 \cdot 0,00005 = 0,5 \text{ Вт}$$

IV. Выводы

Таким образом, с помощью дополнительного шунта, вставленного между изолятором и металлической перегородкой можно диагностировать проходной изолятор измеряя падение напряжения при возникновении тока утечки. Поскольку сопротивление шунта известно и откалибровано, то нетрудно определить величину тока утечки. Причем вольтметр может быть установлен около каждого изолятора и с использованием современных информационных технологий возможна передача измеренной величины как при помощи проводного устройства, так и с помощью радиосигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Овсянников А., Тарасов А., Яншин Э. Тарельчатые изоляторы на воздушных линиях // Новости электротехники. 2010. № 6 (66).

URL: <http://news.elteh.ru/arh/2010/66/09.php> (дата обращения: 14.04.2021).

2 ГОСТ 6490-2017. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия (ИУС 3-2018). Введ. 2018–09–01. Москва: Стандартинформ, 2018. 31 с.

3 Новиков В. П., Скобейдо А. И. Исследование механической прочности подвесных изоляторов из закаленного стекла в зависимости от длительности воздействия нагрузки // Известия НИИПТ. 1970. № 16. С. 263–266.

4 Скобейдо А. И., Тюрин Э. А. Оценка показателей надежности и изменения механической прочности изоляторов из закаленного стекла по опыту их эксплуатации // Изоляция воздушных линий электропередачи 110–1150 кВ: сб. науч. тр. НИИПТ. Ленинград: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1989. С. 22–28.

5 Балобанов Р. Н., Зарипов Д. К., Насибуллин Р. А. [и др.]. Устройство оптической индикации дефекта высоковольтной изолирующей конструкции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, №. 3-4. С. 119–125.

6 Ivanov D. A., Golenishchev-Kutuzov A. V., Yaroslavsky D. A. [et al.]. Portable complex for remote control of high-voltage insulators using wireless data collection and transmission module // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13, № 6. P. 2358–2362.

7 Несенюк Т. А. Непрерывная диагностика опорно-штыревых изоляторов на воздушных линиях 6–10 кВ // Энергобезопасность и энергосбережение. 2013. №

8 Пат. 213866 РФ, МПК Н01С 3/00, Н01В 17/14. Конструкция шунта для диагностики проходных изоляторов распределительных устройств, трансформаторов, конденсаторов и выключателей/ Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Поляков Д. А., Никитин К.И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ОмГТУ. - № 2022109908 : заявл. 13.04.2022 : опубли. 04.10.2022, 4 с.

ҚАЗАҚСТАН ӨНІРЛЕРІНІҢ 2000 ЖЫЛДАРЫНДАҒЫ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ҚАУІПСІЗДІГІН ТАЛДАУ

МУСТАФИНА Р. М.

т.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

МУСЕКЕНОВА Г. О.

т.ғ.м., аға оқытушы, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЖУМАЛИН Б. К.

студент, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазақстан Республикасының электр энергетика саласын дамыту 2035 жылға дейінгі тұжырымдамасында көрсетілген, электр энергетикасын дамытудың мемлекеттік саясатының негізгі міндеттерінің бірі энергетикалық қауіпсіздік пен тәуелсіздікті қамтамасыз ету болып табылады [1, 3 б.].

Республиканың экономикалық және ұлттық қауіпсіздігінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде энергетикалық қауіпсіздікті (ЭнҚ) қамтамасыз ету мәселелері өткен ғасырдың 90-жылдарының басында нарықтық экономикаға көшуге байланысты өзекті болды. Алғаш рет ЭнҚ қамтамасыз ету мәселелері таяу Шығыс елдерінен энергия тасымалдаушыларды жеткізу проблемасының туындауына байланысты өткен ғасырдың 70-жылдарының басында АҚШ-та көтерілді. Бұл энергетикалық дағдарыс энергетиканы құрудың индустриялық моделінен энергетика саласының жаңа, бәсекеге қабілетті моделіне көшуді бастады. Ескі модель энергиямен жабдықтаушы компанияларды тұтынушыларды энергиямен жабдықтау нарығында монополистке айналдырды, бірақ сонымен бірге компаниялар энергиямен жабдықтаудың сенімділігі мен тұрақтылығына да жауапты болғанын атап өткен маңызды.

Энергетиканың бәсекеге қабілетті моделі үшін тәуелсіз энергия өндірушілердің болуы маңызды болып саналады. Осы орын алған жағдай Қазақстанды қоса алғанда, көптеген ТМД елдерінің энергетика саласындағы қазіргі жағдайына тән болып табылады.

Электр энергетикасы кәсіпорындарын қайта құрылымдау мен жекешелендірудің мемлекеттік бағдарламасын іске асыру 1995 жылы республиканың электр энергетика жүйесін реформалауға түрткі болды. Елдің электр энергетикасы нарығы электр энергиясын өндіру объектілерінен, электр энергиясын тасымалдау желілерінің магистральдық жүйесінен, оны бөлу жөніндегі өңірлік желілерден тұрады. 2001 жылдың маусымына қарай республикада электр

энергиясының көтерме сауда нарығы ұйымдық және заңды түрде қалыптасты.

Энергетика саласындағы нарықтық қатынастар энергетикалық объектілер жұмысының тиімділігін ынталандыратын бәсекелестік үшін объективті негіз болып табылады. Бірақ бәсекелестік факторы электрмен жабдықтау сенімділігіне теріс әсер етеді, соның салдарынан ЭНҚ көрсеткіштері нашарлайды [2, 247 б.].

2010 жылдан бастап дүниежүзілік энергетикалық кеңес кез келген мемлекеттің энергетикалық саясатына және оның өлемдік энергетикалық трилемма индексі (ЭТИ) бойынша тиімділігіне тәуелсіз бағалау жүргізеді [3, 1 б.]. Трилемма индексі елдің энергетикалық саясатының тиімділігінің 32 индикаторы бойынша есептеледі; бұл индикаторлар үш негізгі блокты бағалауға бағытталған – бұл энергетикалық қауіпсіздік (ЭНҚ), энергияға әділ қол жеткізу (ЭӘҚ), экологиялық тұрақтылық (ЭТ).

Ел өңірлерінің электр энергетикалық қауіпсіздігінің жағдайын бағалау үшін 2006, 2018 және 2021 жылдардағы елдің электр энергетикасы саласының жай-күйі бойынша келесі екі индикатор есептелген [2, 248 б.], [8, 195 б.]:

- ҚР Ұлттық экономика Министрлігінің статистика комитеті жариялаған статистикалық деректерді пайдалану кезінде өнімде өндірілген электр энергиясының өнімде тұтынылған электр энергиясына қатынасы ретінде есептелген электр энергиясының тенгеріміндегі өнімнің меншікті көздерінің үлесі [4], [5], [6], [7];

- ағымдағы жылы өнімде өндірілген электр энергиясының елдегі өндірілген энергияға қатынасы ретінде елдегі өндірілген көлемге қатысты өнімнің электр энергиясын өндірудегі үлесі [4, 3 б.], [5, 2 б.], [6, 1 б.], [7, 2 б.].

Статистиканың ресми деректері бойынша есептелген бұл екі көрсеткіш ЭНҚ-ның жағдайын және өнімдердің электр энергиясымен қамтамасыз етілуіндегі тәуелсіздігін жеткілікті объективті бағалауға мүмкіндік береді (ЭТИ индексінің бірінші көрсеткіші).

ЭТИ индексінің екінші көрсеткіші – энергияға әділ қол жетімділікті қамтамасыз ету. Бұл көрсеткіш адам санына келгенде электр энергиясын тұтыну индикаторымен анықталады.

«Қазақстан өңірлерінің энергетикалық қауіпсіздігі мен энергияға әділ қол жеткізу деңгейін бағалау» 1-кестесінде [2, 250 б.], [8, 200 б.] мақалаларда келтірілген есептеулердің жиынтық деректері келтірілген.

1-кесте – Қазақстан өңірлерінің энергетикалық қауіпсіздігі мен энергияға әділ қол жеткізу деңгейін бағалау

Аумақ аталуы	ЭНҚ бағалау деңгейі						ЭӘҚ бағалау деңгейі					
	Өңірдің меншікті көздерінің үлесі			Электр энергиясын өндірудегі өнімнің үлесі			Электр энергиясын адам санына тұтыну индикаторы			Электр энергиясын адам санына тұтыну индикаторы		
	2006ж.	2018ж.	2021ж.	2006ж.	2018ж.	2021ж.	2006ж.	2018ж.	2021ж.	2006ж.	2018ж.	2021ж.
Қазақстан	Қ	Қ	Қ	-	-	-	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ДЖ
Ақмола облысы	ТЖ	ҚЖ	К	Қ	Қ	Қ	ДЖ	Қ	Қ	ДЖ	Қ	ДЖ
Ақтөбе облысы	ҚЖ	ДЖ	К	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
Алматы облысы	ДТ	Қ	ДЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	СЖ	Қ	Қ
Атырау облысы	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
ШҚО	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ДЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
Жамбыл облысы	ДТ	ДЖ	К	ТЖ	ТЖ	ТЖ	ҚЖ	Қ	Қ	ТЖ	Қ	ҚЖ
БҚО	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
Қарағанды облысы	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	КУ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
Қостанай облысы	ТЖ	ТЖ	ҚЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	ДТ	Қ	Қ
Қызылорда облысы	ТЖ	Қ	ҚЖ	ТЖ	ТЖ	ТЖ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
Манғыстау облысы	Қ	Қ	Қ	ТЖ	ТЖ	ТЖ	ҚЧ	ҚЖ	ҚЖ	СЖ	ҚЖ	ҚЖ
Павлодар облысы	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ	Қ
СҚО	Қ	Қ	Қ	ҚЖ	Қ	Қ	ҚЖ	Қ	ҚЖ	ДЖ	Қ	ДЖ
Түркістан облысы	ТЖ	ТЖ	ҚЖ	СЖ	ТЖ	К	К	ТЖ	К	СЖ	СЖ	ҚЖ

1-кестеде келесі белгілер келтірілген: Қ – ЭНҚ және ЭӘҚ бағалау деңгейінің жай-күйінің қалыпты жағдайы; ДЖ – ЭНҚ және ЭӘҚ бағалау деңгейінің жай-күйінің дағдарысқа дейінгі жағдайы; сонымен орай бұл ретте дағдарыстық жағдай мынадай төрт жай-күйге неғұрлым тиімді саралау үшін бөлінеді: ДТ – дағдарыстық тұрақсыз жағдай; ҚЖ – ЭНҚ және ЭӘҚ бағалау деңгейінің жай-күйінің дағдарыстық қауіпті жағдайы; СЖ – ЭНҚ және ЭӘҚ бағалау деңгейінің жай-күйінің дағдарыстық сыни жағдайы; ТЖ – ЭНҚ және ЭӘҚ бағалау деңгейінің жай-күйінің дағдарыстық төтенше жағдайы [2, 250 б.].

ӘЭТ-нда бірінші көрсеткіші бойынша Атырау, Батыс Қазақстан және Павлодар облыстарында және жалпы ел бойынша «Энергетикалық қауіпсіздік» жағдайы тұрақты. Басқа өңірлерге қатысты Шығыс Қазақстан облысындағы ЭНҚ бойынша неғұрлым тұрақты жағдай.

Республикамыздың тұрғындары 2006, 2018 жылдары электр энергиясына әділ қол жеткізе алды, бірақ 2021 жылы бұл көрсеткіш дағдарыс алдындағы аймаққа түсті (1-кестені қараңыз). ӘЭТ-тің екінші көрсеткіші (энергияға еркін қол жеткізу) Ақтөбе, Атырау, Шығыс Қазақстан, Батыс Қазақстан, Қарағанды, Қызылорда, Павлодар облыстарында орындалды, онда электр энергиясын әрбір адам санына тұтыну индикаторының қалыпты деңгейі (Қ) белгіленген (1-кестені қараңыз). 2006, 2021 жылдары ЭӘҚ Алматы облысында да қамтамасыз етілді. Жамбыл (ҚЖ), Қостанай (Қ), Маңғыстау (ҚЖ) және Түркістан (ҚЖ) өңірлерінде ЭӘҚ бойынша энергетикалық Трилемма талабы орындалынбады.

Қазақстан Республикасының Электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі тұжырымдамасында атап өтілгендей, ел экономикасын дамыту үшін маңызды міндеттердің бірі экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету жөніндегі мақсаттарға кезең-кезеңімен қол жеткізу болып табылады. Көмір станцияларын газға кезең - кезеңімен ауыстыру – ол, экологиялық проблеманы шешудің бір жолы [1, 3 б.]. Атом электр станциясының құрылысы экономиканың тұрақты даму мәселесін жаһандық шешуге ықпал етеді.

Қазақстан 1970 – 2018 жылдар кезеңінде парниктік газдар (ПГ) шығарындыларының жалпы көлемі бойынша 20 елдің тобына кіреді, оның үлесі әлемдік шығарындылардың 0,8 % құрайды [9, 2 б.].

Сонымен орай ПГ шығарындыларының негізгі бөлігі елдің энергетика саласына тиесілі, мысалы – 2020 жылы – 74,7 % құрды.

Бұл көрсеткіш 1990 жылға қарағанда 14,0 %-ға, ал 2019 жылға салыстырып қарағанда 7,2 % - ға төмендеді.

Дүниежүзілік энергетикалық кеңес ЭӘҚ индексі бойынша жыл сайынғы рейтинг жүргізеді. 2020 жылдың қорытындысы бойынша Қазақстан 125 елдің арасында 42 - ші орында болды; ал 2019 жылмен салыстырғанда ел 17 позицияға көтерілді (59 - орын – 2019 ж.) [10, 2 б.]. ЭӘҚ индексі бойынша әлемдік рейтингтегі өскендік өзгерістер ҚР Электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі тұжырымдамасында белгіленген шараларды жүзеге асырудың тиімділігін дәлелдейді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Концепция развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан до 2035 года от 26 сентября 2022 года. // Министерство энергетики Республики Казахстан [Электрондық ресурс]. – URL: <http://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/349883?lang=ru> [сайтқа жарияланған күні 26.09.2022].

2 Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж., Оразова Г. О. Қазақстан өңірлерінің 2018 жылдағы электр энергетикалық қауіпсіздігінің жағдайы / Р. М. Мустафина, Е. Ж. Сарсикеев, Г. О. Оразова // Ж. Вестник Торайғыров Университета. Серия энергетическая. – Павлодар, 2020. – Т. 3. – 247 – 256 бб.

3 Баланс компонентов: навигация изменений по энергетическим регионам // Материалы XIV Евразийского форума KazEnergy [Электрондық ресурс]. – URL: <https://eenergy.media/news/20426> [сайтқа жарияланған күні 07.01.2021]

4 Статистический ежегодник Казахстана – 2006 // Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электрондық ресурс] – URL: <https://stat.gov.kz/ru/publication/collections/> [сайтқа жарияланған күні 07.01.2020]

5 Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан 2014-2018, // Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Электрондық ресурс] – URL: <https://stat.gov.kz/ru/publication/collections/> [сайтқа жарияланған күні 07.01.2019]

6 Население Казахстана выросло в 2020 году // Курсив [Электрондық ресурс] – URL: <https://kz.kursiv.media/2020-04-06/>

naselenie-kazakhstan-vyroslo-v-2020-godu/ [сайтқа жарияланған күні 06.04.2020]

7 Отчет «Анализ рынка электроэнергии и угля Казахстана. Январь-октябрь 2021 года» // Департамент «Развитие рынка». [Электрондық ресурс] – URL: <https://www.samruk-energy.kz/ru/press-center/analytical-review#2021> [сайтқа жарияланған күні 06.03.2021]

8 Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О. 2020-2021 жылдарындағы қазақстандағы электр энергиясымен қамтамасыз ету индикаторлар блогының жағдайын бағалау / Р. М. Мустафина, Г. О. Мусекенова // Ж. Вестник Торайғыров Университета. Серия энергетическая. – Павлодар, 2024. – Т. 1 – 195 – 205 бб.

9 МСП в цифрах: снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом // Economic research institute Qazakhstan [Электрондық ресурс] – URL: https://eri.kz/ru/Novosti_instituta/id=7055/ [сайтқа жарияланған күні 21.01.2025]

10 Что такое Парижское соглашение? // United Nations Climate change [Электрондық ресурс] – URL: <https://unfccc.int/ru/> [сайтқа жарияланған күні 21.01.2019]

ИСТОЧНИКИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

СТЕПЧУК С. А.

студент, Аксуевский колледж черной металлургии, г. Аксу

КУМАРБЕК Б.

преподаватель специальных дисциплин,

Аксуевский колледж черной металлургии, г. Аксу

В Казахстане уже на протяжении многих лет тема развития альтернативных источников энергии остается открытой. Много разговоров, а также все возможных инициатив по созданию в Казахстане реально действующих предприятий, использующих в качестве источника энергии альтернативу ,взятую с солнцем или ветром.

Однако с недавнего времени Казахстан постепенно стал переходить на использование альтернативной энергетики , но пока еще в малых масштабах.

Пролетая над Ганновером или, скажем, Голландией, конечно, можно увидеть большое количество ветростанций, тем более что Европа объявила о том, что в ближайшие 20–30 лет удельный

вес использования альтернативных источников должен заменить традиционные источники энергии [1, с. 55].

Тема развития альтернативных источников энергии или использования тех видов энергоресурсов, что ранее не использовались, в последнее время стала весьма популярной. Подпитывает этот интерес возрастающая потребность мировой экономики в энергоресурсах, периодически возникавшие кризисы на мировом рынке энергоносителей, озабоченность экологической нагрузкой на окружающую среду при использовании минерального топлива и все более осознаваемая необходимость поиска некой альтернативы минеральным энергоресурсам.

К источникам альтернативной энергии относят нетрадиционные источники энергии – солнечную, ветровую геотермальную энергетику. Энергию можно разделить на два больших класса: невозобновляемая и возобновляемая. К первой категории относится использование таких энергоносителей, как нефть и каменный уголь. Рано или поздно из запасы на планете будут исчерпаны. К тому же их применение связано с выбросами в атмосферу углекислого газа глобальным потеплением. Возобновляемые ,или альтернативные источники энергии – неисчерпаемые ресурсы ,например ,ветер или солнечный свет. Их применение имеет меньше побочных эффектов , а риск истощения запасов отсутствует полностью. В наши дни большая часть энергии вырабатывается за счет сжигания нефти и газа, а также благодаря работе атомных электростанций. Все эти источники потенциально опасны для окружающей среды. Поэтому востребованной становится альтернативная энергетика, позволяющая получать энергию более экологичным способом, наносящим минимальный вред окружающей среде [4, с. 21].

Возобновляемые источники энергий не наносят вред окружающей среде, помогают снизить уровень выбросов парниковых газов в атмосферу, уменьшить последствия изменения климата. К восстанавливаемым источникам не относится атомная энергетика и природный газ, поскольку запасы этих ресурсов не вечны. Энергию можно поделить на два больших подразделений: восстанавливаемая и не восстанавливаемая. Использование энергоносители таких как нефть, и уголь относятся к первой категорий. В скором времени запасы нашей планеты будут истощены. Их применение связано с глобальным потеплением и выбросами углекислого газа. Восстанавливаемые или заменяющие источники энергии нескончаемые ресурсы это ветер или Солнце.

Их использование имеет наименьше побочных эффектов, а рискитраты запасов снижается до нуля. В наши дни наибольшую часть энергии получаем за счет жигания газа и нефти, за счет работы атомных электростанций. Все эти источники опасны для нашей среды обитания. Поэтому мы больше пользуемся альтернативной энергетикой, она позволяет получить энергию экологичным путем, которая наносит не сильный вред окружающей среде [2, с. 124].

Альтернативные виды энергии.

Есть разные виды энергий и методы их добывания. Солнечная энергия, ветровая, гидроэнергия, волновая энергетика, геотермальная энергия и биотопливо являются одними из видов альтернативной энергетикой. Методы добывания и использование зависит от каждого вида индивидуально. Они похожи лишь тем что пользуются потенциалом для развития и используются наименьше нежели ископаемое топливо.

Плюсы и минусы альтернативной энергии

В данный момент производство альтернативной энергетикой не развито, вопреки ее экологичности и высоко перспективности.

1.1. Солнечная энергия.

Плюс этой отрасли энергетикой, вы экономите ежемесячный счет за электричество. Повышаете стоимость своего жилища, при этом солнечные панели становятся дешевле чем раньше. Хотя и Солнце светит всюду на нашей планете, есть некоторые регионы которые получают не так много солнечного света как другие. Минус в этих панелях в том что они подходят не ко всем крышам домов. Например кедровая черепица или шифер не подходят для таких солнечных панелей. В дни затмения и в ночное время суток солнечные панели не работают, поэтому обладатели таких панелей временно пользуются электроэнергией. Конечно если вы устанавливаете солнечные панели впервые для вас это будет стоить дороже потому что вы должны будет заплатить за всю составляющую, но в последующим эти панели помогут вам экономит. Энергия которую Солнце выделяет Земле в течение 24 часов, было бы достаточно для пользование всей планете на 365 дней. При этом выработка электричество солнечными панелями не больше 2% от общего количества. Солнечная энергия является экологичным, безопасным и недорогим по себестоимости. Самый большой минус такой панели то что она зависит от погоды и ночного времени. В странах которые находятся в северной части нашей планеты невыгодно строительство солнечной панелей.

Ученые хотят создать панель, которая будет улавливать фотоны в не солнечную погоду. Есть проблема в том что фотоэлементы нужно уничтожать вовремя, потому что в них содержатся опасные элементы. Мало стран которые могут заниматься переработкой солнечных батарей. Солнечные панели получают востребованность в тех странах в которых обходятся дешевле. Во многих удаленных фермерских участках используют солнечной батарей. Хотя некоторые страны несмотря на ее стоимость и альтернативу дешевле приобретают солнечные панели. Например, Израиль в котором 90 % воды нагревается с помощью энергии Солнца. С помощью солнечных батарей создают машины, самолеты и поезда. Также «умные дома» в основном оснащаются солнечными панелями, умный дом может настроить необходимую мощность в зависимости от домочадцев. Также солнечные панели являются резервными источниками. На данный момент мощность электростанций работающие на солнечной энергии 400,0МВт. Запускается новый проект для ускорение мощность до 850,0МВт. [1, с. 12].

1.2. Ветроэнергетика.

Добывание энергии с помощью ветра, также эффективно как и солнечные панели. Если сравнивать цены 1980 года и на данный момент они снизились на 80 %. Ветроэнергетика-отрасль возобновляемой энергетикой, занимающаяся разработкой теоретических основ, методов и технических средств преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию. Он рассматривает возможности рационального использования энергии ветра в народном хозяйстве. В целях поиска дешевых источников электроэнергии в стране, в соответствии с государственной программой «о развитии производства электроэнергии в Казахстане до 2030 года», рассматриваются эффективные пути применения энергии электрической энергии, вырабатываемой ветровыми силами, в народном хозяйстве. В Казахстане можно широко и обильно производить электроэнергию, получаемую ветровой энергией [2, с. 25].

Энергия ветра имеет много экологических и экономических преимуществ перед другими источниками энергии. Повысить его эффективность можно путем совершенствования технологии ветроэнергетических установок. Для устойчивого использования энергии ветра необходимо комплексное сочетание ветроэнергетических установок с другими источниками энергии.

В Восточном, Юго-Восточном, Южном регионах республики очень эффективно производство электроэнергии в сочетании гидроэлектростанций и ветряных электростанций. Если сила ветра увеличивается в зимние месяцы, она уменьшается в летние месяцы, а вода, с другой стороны, уменьшается в зимние месяцы, она увеличивается в летние месяцы. Таким образом, производство энергии может быть несколько стабилизировано. На 40-й широте в приграничной с Китаем зоне Алматинской области, на мегабассейне Евразии, наблюдается сильный ветер у ворот Жетысу, так называемого “полюса ветра” в Центральной Азии, где переносится объем огромной воздушной массы. Это естественная «аэродинамическая труба» в самом узком месте (10-12 км в ширину и 80 км в длину) двух гор. Энергия ветра в основном возникает из-за того, что солнечная энергия неравномерно нагревает поверхность Земли. Каждый час Земля получает от Солнца 1014 кВтч энергии. 1-2 % солнечной энергии преобразуется в энергию ветра. Этот показатель в 50-100 раз превышает энергию, выделяемую всеми растениями на земле при преобразовании в биоэнергетику. В течение нескольких тысяч лет люди использовали ветер в качестве источника энергии. Плавал с помощью паруса, используя энергию ветра. Земля использовалась при орошении, в качестве ветряной мельницы для измельчения зерновых продуктов [3, с. 12].

Запасы энергии ветра в 100 раз превышают запасы гидроэнергии рек всей планеты. Всегда и везде дует ветер. Можно отметить бурый прохладный летний бриз, чудесные штормы, приносящие катастрофу, ущерб. Регенеративная нетрадиционная ветроэнергетика перспективна, экологична, ее запасы никоим образом не истощаются, она дешевая, эффективная. Их использование не нарушает балансы природы. Всем нам известно, что применение энергии ветра удобно на волнообразных берегах моря в высоких предгорьях горных районов. Регионов, благоприятных для развития ветроэнергетики, очень много. Сила ветра напрямую связана с неровной поверхностью земли. Например, рассмотрим две части горной местности, где, хотя энергия Солнца, падающая на две части, одинакова, поскольку Земля имеет разную шероховатость, влияние силы ветра и направление также различаются. Влияние силы ветра меняется в зависимости от смены времени года, изменения погоды. Например, учитывая климатические условия Дании, получается, что энергия, обеспечиваемая фотоэлектрической системой, дает 18 % зимой и 100 % летом, а энергия, получаемая от ветряной

электростанции, дает 100 % зимой и 55 % летом. При такой совместимости,

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Концепция экологической безопасности РК, Астана, 2002.
- 2 Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М., «ФАИР-ПРЕСС», 2003 г.
- 3 Проект Закона РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» 2007 – 2009 гг.
- 4 Стокгольмская Конвенция о СО₂: [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_ru.pdf

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ РК

ТЕРЕМОВА А. Д.
студент, Аксуский колледж черной металлургии, г. Аксу
БИКИНА Т. А.
преподаватель специальных дисциплин,
Аксуский колледж черной металлургии», г. Аксу

Энергетика играет большую роль в поддержании и дальнейшем развитии цивилизации. В современном обществе трудно найти хотя бы одну область человеческой деятельности, которая не требовала электроэнергии. Потребление энергии – важный показатель жизненного уровня. Однако на развитие хозяйствующих субъектов в нашей стране существенное негативное влияние оказывает высокая доля энергетических затрат в издержках производства, которая на промышленных предприятиях составляет в среднем 8–12 % и имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с большим моральным и физическим износом основного оборудования и значительными потерями при транспортировке энергетических ресурсов. По различным данным, на жилищный сектор приходится до 25 – 30 % потребляемой энергии по республике.

Электроэнергетика Казахстана характеризуется изношенностью значительной части основных фондов. На электростанциях 65 % оборудования имеет возраст более 20 лет, 31 % – более 30 лет. Не лучше и состояние электросетевого хозяйства - изношенность оборудования в электрических сетях доходит до 80%. Особенно плачевно состояние энергетических сетей в сельской местности.

Индустриально-инновационное развитие Казахстана увеличит объем экономики в полтора раза, что в перспективе вызовет рост потребления электроэнергии и достигнет 124–130 млрд. кВт·ч. В 2024 году произведено около 118 млрд кВт·ч, а потребление электроэнергии в стране составило чуть больше 120,5 млрд кВт·ч. В результате дефицит электроэнергии составил 2,4 млрд кВт·ч. В 2025 году показатель нехватки вырастет до 3 млрд кВт·ч с учетом потребления в 125 млрд кВт·ч и производства на почти 122 млрд кВт·ч. В 2026–2027 годах в стране ожидается, напротив, профицит электроэнергии. Но к 2030 году дефицит электричества составит рекордные 13,5 млрд кВт·ч.

Электроэнергетика Казахстана сталкивается с рядом серьёзных и комплексных проблем, которые требуют оперативных и системных решений. Помимо уже упомянутых аспектов, таких как износ инфраструктуры, дефицит мощностей, экологические вызовы и нехватка инвестиций, существуют другие важные проблемы, требующие внимания.

Большая часть энергетических объектов в Казахстане управляется государственными и частными компаниями, но в условиях отсутствия чёткого государственного контроля часто возникают ситуации, когда интересы крупных энергетических компаний не совпадают с интересами населения. Это связано с высокими затратами на эксплуатацию устаревших объектов, что снижает финансовую отдачу от проектов, а также приводит к дефициту инвестиций.

Казахстан имеет достаточно развитую энергосистему, но на некоторых этапах наблюдается так называемая «децентрализация» управления, когда отдельные регионы сталкиваются с нехваткой качественного сервиса или возмещением убытков от низкой собираемости платежей за потреблённую электроэнергию.

Одной из серьёзных проблем является установка тарифов на электроэнергию, которые в ряде случаев не обеспечивают финансовую устойчивость и не стимулируют к модернизации оборудования. В Казахстане тарифы на электроэнергию регулируются государством, и несмотря на повышение тарифов в последние годы, они всё ещё не могут полностью покрывать расходы на обслуживание энергосистемы. Это создаёт дисбаланс в энергетическом секторе и ставит под угрозу обеспечение качественным и доступным энергоснабжением.

Существует также проблема дифференциации тарифов: в некоторых регионах тарифы могут значительно отличаться от других, что приводит к перекосам в ценообразовании и различиям в доступности электроэнергии для разных слоёв населения.

В последние годы Казахстан активно развивает сектор возобновляемых источников энергии (ВИЭ), однако для масштабного перехода к «зелёной» энергетике существуют несколько препятствий.

Всё ещё высокая стоимость строительства и эксплуатации ВИЭ остается сдерживающим фактором для их массового внедрения. Ветер и солнце – это источники энергии, которые зависят от климата, что требует внедрения дорогостоящих технологий для накопления энергии и её передачи. Таким образом, новые ВИЭ проекты требуют значительных первоначальных инвестиций.

Хотя в Казахстане существуют государственные программы поддержки и субсидирования ВИЭ, они пока не охватывают все возможные направления и часто имеют ограничения, которые мешают инвесторам и частным компаниям делать долгосрочные вложения. Стимулирование внедрения новых технологий требует разработки более продуманных механизмов поддержки. Это связано и с отсутствием чётких долгосрочных планов на ближайшие 10–15 лет, что тормозит развитие и сокращение затрат на ВИЭ.

Внедрение ВИЭ также сталкивается с проблемой подключения к сетям. Существующие сети часто не могут эффективно интегрировать децентрализованные источники энергии, что требует значительных вложений в модернизацию сетевой инфраструктуры. Это проблема как для частных инвесторов, так и для государственной энергетической системы.

Казахстан активно заявляет о своих намерениях уменьшить выбросы углекислого газа и развивать «зелёную» энергетику. Однако на пути реализации этой задачи есть несколько серьёзных препятствий.

Сложность заключается в том, что уголь продолжает оставаться основным источником энергии в Казахстане. Это связано с наличием богатых угольных месторождений и мощной угольной промышленностью. Казахстан находится среди 10 крупнейших производителей угля в мире, и многие угольные электростанции остаются основными поставщиками энергии в страны СНГ. Переход к более экологичным источникам энергии, таким как солнечная

и ветровая энергия, требует больших финансовых вложений и времени.

Другим важным аспектом является роль атомной энергетики в будущем энергетическом балансе страны. В 2021 году Казахстан объявил о планах строительства атомной электростанции, что вызвало общественное обсуждение. Атомная энергия может стать важным элементом низкоуглеродной энергетики, но также требует решения вопросов безопасности, транспортировки и хранения радиоактивных отходов.

Решение проблемы – строительство новых ТЭЦ в Казахстане, строительство АЭС является стратегической задачей, ведь мы находимся на первом месте по продаже урана в мире, но при этом не имеем своей станции, строительство гидроэлектростанций малой мощности, а также модернизация электрических сетей в целях увеличения производства энергии, а также строительство новых станций.

Заключение

Среди основных проблем энергетической отрасли Казахстана можно выделить: старение инфраструктуры, дефицит мощностей, высокие экологические риски, недостаток инвестиций, проблемы с тарифной политикой и сложности в переходе на возобновляемые источники энергии. Все эти вызовы требуют скоординированных действий на всех уровнях – от государственного регулирования до частных инвестиций и инновационных технологий.

Для обеспечения устойчивого развития энергетики Казахстану необходимо ускоренно модернизировать инфраструктуру, продолжить развитие ВИЭ, улучшить тарифную систему и вовлечь частный сектор в развитие энергетической отрасли. Стратегия перехода на низкоуглеродную энергетику также нуждается в долгосрочных мерах, чтобы обеспечить экологическую безопасность и энергоснабжение страны в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Министерство энергетики Республики Казахстан. “Электроэнергетика”. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/activities/215?lang=ru>
- 2 “5 проблем энергетики Казахстана”. Profland. <https://profland.kz/blog/5-problem-energetiki-kazahstana>
- 3 “Энергобаланс Казахстана: дефицит электроэнергии и как избежать кризиса”. Казинформ. <https://www.inform.kz/ru/>

energobalans-kazahstana-deficit-elektroenergii-i-kak-izbezhat-krizisa 3920150

4 “Актуальные проблемы и видение развития электроэнергетики Казахстана”. Qazaq Green. <https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/expert-opinion/600/>

5 “Казахстан на пороге жёсткого дефицита электроэнергии. Что делать?”. Forbes Казахстан.

6 Актуальные проблемы энергетики Известия КГТУ им. И.Паззакова 34/2015 <https://24.kz/ru/news/social/item/663256-potreblenie-elektroenergii-v-kazahstane-dostiglo-120-mlrd-kvt-ch-v-2024-god>

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ХУСАИНОВА А. Б.

м.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Электротехника и автоматизация»,
Торайгыров университет, г. Павлодар

Электроэнергетика играет ключевую роль в обеспечении жизнедеятельности современного общества и развитии мировой экономики. Она является основой для работы промышленных предприятий, транспорта, систем связи и бытового сектора. В условиях стремительного роста потребления энергии, вызванного индустриализацией, урбанизацией и развитием цифровых технологий, стабильное и эффективное энергоснабжение становится критически важным фактором экономического и социального прогресса.

Однако современные вызовы, такие как истощение традиционных энергоресурсов, ухудшение экологической обстановки и растущая зависимость от ископаемого топлива, требуют пересмотра существующих подходов к производству и потреблению электроэнергии. В связи с этим особую актуальность приобретает переход к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии, таким как солнечная, ветровая и гидроэнергия.

Концепция устойчивого развития, сформулированная ООН, подразумевает сбалансированное удовлетворение текущих потребностей человечества без ущерба для будущих поколений. В сфере электроэнергетики устойчивое развитие означает поиск компромисса между экономическим ростом, экологической

безопасностью и социальным благополучием. Это включает в себя внедрение энергоэффективных технологий, сокращение выбросов парниковых газов, повышение надежности энергосистем и использование возобновляемых источников энергии.

Страны по всему миру разрабатывают стратегии перехода к «зеленой» энергетике, направленные на снижение углеродного следа и диверсификацию энергобаланса. Такие меры способствуют достижению целей устойчивого развития (ЦУР), установленных ООН, в частности, целей, связанных с обеспечением доступной и чистой энергии, борьбой с изменением климата и развитием устойчивой инфраструктуры.

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является анализ актуальных проблем электроэнергетики и поиск путей их решения с учетом принципов устойчивого развития.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1 Рассмотреть основные вызовы и проблемы, стоящие перед современной электроэнергетикой;
- 2 Проанализировать перспективные направления устойчивого развития в данной сфере;
- 3 Изучить международный опыт внедрения «зеленых» технологий в энергетике;
- 4 Разработать рекомендации по повышению устойчивости электроэнергетического сектора Казахстана.

Таким образом, исследование направлено на выявление эффективных стратегий, которые позволят обеспечить долгосрочное развитие электроэнергетики с минимальным воздействием на окружающую среду и максимальной экономической эффективностью.

Актуальные проблемы в электроэнергетике. Современная электроэнергетика сталкивается с рядом серьезных вызовов, которые требуют комплексного подхода к решению. Рост потребления энергии, моральное и физическое устаревание инфраструктуры, экологические риски и вопросы энергетической безопасности становятся ключевыми проблемами, влияющими на устойчивое развитие отрасли.

1. Рост спроса на электроэнергию

С развитием промышленности, цифровых технологий и урбанизации глобальный спрос на электроэнергию постоянно

увеличивается. Основными факторами, способствующими росту потребления, являются:

- Увеличение числа энергоемких предприятий;
- Расширение электрического транспорта (электромобили, общественный транспорт);
- Рост населения и потребностей бытового сектора (электроприборы, системы кондиционирования).

По данным Международного энергетического агентства (IEA), мировой спрос на электроэнергию вырос на 2,4 % в 2022 году, и ожидается дальнейший рост.

Рост спроса на электроэнергию, обусловленный урбанизацией, развитием промышленности и цифровых технологий, создает значительные нагрузки на энергосистему. Устойчивое развитие предлагает решения, направленные на эффективное управление энергопотреблением и обеспечение баланса между спросом и предложением.

Основные направления устойчивого развития:

1) Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Использование солнечной, ветровой и гидроэнергии позволяет снизить нагрузку на традиционные энергоресурсы и обеспечить устойчивый рост энергопотребления.

Преимущества:

- Увеличение доступности электроэнергии;
- Снижение зависимости от ископаемого топлива;
- Стабилизация энергоснабжения в условиях растущего спроса.

2) Внедрение энергоэффективных технологий. Использование энергоэффективных систем в промышленности и быту позволяет снизить общее энергопотребление без ущерба для комфорта и производительности.

Примеры:

- LED-освещение, экономящее до 70 % электроэнергии;
- Умные системы отопления и кондиционирования с автоматической регулировкой.

2. Устаревшая инфраструктура и оборудование

Многие энергетические сети, построенные несколько десятилетий назад, не соответствуют современным требованиям по надежности и эффективности. Основные проблемы устаревшей инфраструктуры включают:

- Высокий уровень износа оборудования, что приводит к авариям и перебоям в энергоснабжении;

- Ограниченные возможности по интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- Низкая энергоэффективность из-за старых технологий передачи и распределения.

Решение данной проблемы требует значительных инвестиций в модернизацию электростанций, подстанций и линий электропередачи. Устаревшая инфраструктура и оборудование электроэнергетической системы представляют собой значительное препятствие на пути к устойчивому развитию. Износ сетей, низкая энергоэффективность и частые сбои требуют модернизации и внедрения современных технологий, обеспечивающих надежность, гибкость и эффективность энергосистемы. Устойчивое развитие предлагает решения, направленные на повышение производительности и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Основные направления модернизации:

1) Интеллектуальные энергосистемы. Smart Grid внедряет автоматизацию и цифровые технологии для оптимального управления сетью, снижая потери и повышая надежность.

Преимущества:

- Автоматический контроль и быстрая реакция на аварии;
- Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- Снижение потерь электроэнергии (с 12 % до 5 %).

2) Энергоэффективное оборудование. Замена устаревших трансформаторов и линий на современные аналоги с высоким КПД позволяет сократить потери и эксплуатационные расходы.

Примеры:

- Современные трансформаторы с КПД до 98 %;
- Энергоэффективные кабельные линии с минимальными потерями.

3. Экологические проблемы, связанные с использованием ископаемого топлива

Традиционные источники энергии (уголь, нефть, газ) приводят к значительным выбросам парниковых газов, загрязнению окружающей среды и изменению климата. Главные экологические проблемы включают:

- Выбросы CO₂, способствующие глобальному потеплению;
- Загрязнение воздуха вредными веществами (оксиды серы, азота);

- Накопление отходов производства и негативное воздействие на экосистемы.

Переход к возобновляемым источникам энергии — одно из ключевых решений данной проблемы. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются одним из наиболее эффективных способов решения проблем, связанных с зависимостью от ископаемого топлива и экологическими последствиями его использования. Основные виды ВИЭ включают:

- Солнечная энергия – преобразование солнечного излучения в электричество с помощью фотоэлектрических панелей;
- Ветровая энергия – получение электроэнергии за счет кинетической энергии ветра;
- Гидроэнергия – использование водных ресурсов для генерации электроэнергии (гидроэлектростанции).

Преимущества ВИЭ:

- Снижение выбросов парниковых газов;
- Низкие эксплуатационные расходы;
- Диверсификация энергобаланса страны.

4. Энергетическая безопасность и зависимость от импортного топлива

Многие страны, в том числе Казахстан, зависят от импорта энергоносителей, что делает их энергетическую систему уязвимой перед колебаниями цен на мировом рынке и геополитическими рисками. Основные угрозы энергетической безопасности включают:

- Неустойчивость поставок углеводородов из-за политических факторов;
- Рост цен на топливо и его влияние на экономику страны;
- Отсутствие диверсификации энергоресурсов.

Зависимость от импортного топлива и нестабильность на международных рынках угрожают энергетической безопасности многих стран. Устойчивое развитие предлагает меры, направленные на снижение зависимости от внешних источников энергии, улучшение устойчивости энергетических систем и повышение их независимости.

Основные направления устойчивого развития:

1) Развитие внутренней энергетической инфраструктуры. Развитие национальной генерации и модернизация энергетических сетей позволяют снизить зависимость от импортного топлива.

Примеры:

- Строительство новых электростанций, использующих местные ресурсы (уголь, газ, ВИЭ);
- Модернизация сетевой инфраструктуры для повышения её надежности и устойчивости.

2) Инвестиции в возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Использование возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая и гидроэнергия) позволяет уменьшить зависимость от углеводородных источников.

Преимущества:

- Долгосрочная независимость от внешних поставок;
- Снижение экологической нагрузки и углеродных выбросов;
- Повышение энергетической безопасности за счет диверсификации источников энергии.

3) Развитие технологий хранения энергии. Технологии аккумуляторов и гидроаккумулирующих станций позволяют эффективно управлять запасами энергии, обеспечивая стабильность энергоснабжения, даже если часть производимых мощностей зависит от импортного топлива.

Преимущества:

- Повышение надежности и независимости энергосистемы;
- Снижение потребности в импорте энергии в пиковые моменты.

5. Потери в электросетях

Передача электроэнергии на большие расстояния сопряжена с потерями, которые могут достигать значительных значений. Причины потерь включают:

- Устаревшее оборудование и кабели;
- Низкую эффективность системы учета и контроля;
- Кражи электроэнергии и несанкционированное подключение.

Снижение потерь требует внедрения интеллектуальных сетей (Smart Grids) и улучшения методов диагностики и учета потребления.

Потери электроэнергии в процессе передачи и распределения являются значительной проблемой для энергетических систем, снижая общую эффективность и увеличивая эксплуатационные расходы. Устойчивое развитие в этой области направлено на минимизацию потерь, улучшение управления энергопотоками и повышение общей надежности электросетей.

Основные направления устойчивого развития для снижения потерь:

1) Модернизация и замена устаревшего оборудования. Замена старых трансформаторов, линий электропередач и других компонентов сети на более эффективные модели позволяет существенно снизить потери.

Примеры:

- Использование сверхпроводящих материалов для кабелей, которые практически не теряют энергию;
- Замена старых трансформаторов на современные модели с высоким коэффициентом полезного действия (КПД).

2) Внедрение интеллектуальных энергосистем (Smart Grid). Интеллектуальные сети с автоматическим управлением и мониторингом позволяют оперативно реагировать на изменения в сети и минимизировать потери.

Преимущества:

- Автоматическая настройка нагрузки и управление распределением энергии;
- Оптимизация работы оборудования и снижение потерь из-за излишних нагрузок;
- Быстрое выявление и устранение неисправностей в сети.

Актуальные проблемы в электроэнергетике, такие как рост спроса на электроэнергию, устаревшая инфраструктура, экологические вызовы, энергетическая безопасность и потери в электросетях, требуют комплексного подхода для их эффективного решения. Устойчивое развитие в этой сфере включает внедрение возобновляемых источников энергии, энергоэффективных технологий, интеллектуальных сетей и децентрализованных систем, что способствует повышению надежности и устойчивости энергетических систем.

Важнейшими направлениями устойчивого развития являются модернизация инфраструктуры, цифровизация процессов, развитие технологий хранения энергии и снижение зависимости от импортного топлива. Эти меры обеспечивают не только долгосрочную энергетическую безопасность, но и снижение экологической нагрузки, что способствует достижению целей устойчивого развития.

Таким образом, для успешного решения проблем электроэнергетики необходимо сочетание инновационных технологий, разумного управления энергоресурсами и применения современных подходов в строительстве и эксплуатации энергетической инфраструктуры. Устойчивое развитие

электроэнергетики — это ключ к обеспечению стабильного, безопасного и экологически чистого энергоснабжения в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1 Министерство энергетики Республики Казахстан. Программа развития электроэнергетики до 2030 года. — Алматы: Министерство энергетики РК, 2019. — 120 с.

2 Гусев, В. П. Состояние и перспективы развития электроэнергетики. — Москва: Энергоиздат, 2021. — 310 с.

3 Михайлова, Т. Н. Энергетическая безопасность и её роль в устойчивом развитии. — Москва: Научный мир, 2018. — 221 с.

4 Ветроэнергетика в Казахстане: перспективы, развитие и влияние на устойчивое будущее. — Алматы: Arasha.kz, 2022. — 45 с.

АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЕПЛОВОЙ СТАНЦИИ

ШКРЕБА Е. В.

ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

БАЙГОЖИН А. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Энергетическая эффективность является одним из ключевых факторов устойчивого развития современных энергетических систем. В условиях глобального роста энергопотребления, увеличения стоимости энергоресурсов и экологических вызовов возникает необходимость оптимизации использования электроэнергии, особенно в таких энергоёмких отраслях, как теплоэнергетика [1, с.12]. Тепловые станции, обеспечивающие значительную часть энергобаланса, сталкиваются с задачами повышения надежности, экономичности и экологичности своего оборудования.

Разработка мероприятий по повышению энергетической эффективности электрооборудования собственных нужд тепловых станций представляет собой актуальную задачу, имеющую как научное, так и практическое значение. Современные подходы к энергосбережению позволяют не только уменьшить эксплуатационные затраты, но и снизить нагрузку на окружающую среду за счет сокращения выбросов парниковых газов. Научная новизна данного исследования заключается в интеграции

передовых технологий управления энергопотреблением с учетом специфики работы тепловых станций. Мероприятия по повышению энергетической эффективности электрооборудования собственных нужд тепловой станции направлены на создание практических решений для оптимизации энергопотребления, что особенно актуально в условиях модернизации энергетической инфраструктуры.

Энергетическая эффективность является важным приоритетом государственной и отраслевой политики, что подтверждается принятием ряда нормативно-правовых актов, направленных на энергосбережение и внедрение энергоэффективных технологий. Тепловые станции, как крупные потребители энергии, играют ключевую роль в реализации этих инициатив. Однако высокая доля потерь и избыточное энергопотребление электрооборудованием собственных нужд указывает на необходимость целенаправленных мероприятий по оптимизации.

Современные исследования в области повышения энергетической эффективности показывают, что значительная часть потерь электроэнергии на тепловых станциях связана с устаревшим оборудованием и недостаточным использованием автоматизированных систем управления [2, с. 7]. Исследования указывают на эффективность внедрения интеллектуальных систем мониторинга, которые позволяют выявлять и устранять отклонения в работе оборудования. Отечественные исследования акцентируют внимание на необходимости модернизации электродвигателей и внедрения частотно-регулируемых приводов, которые снижают энергопотребление на 10–30 %.

Тепловые станции (ТЭС) играют ключевую роль в энергосистеме Казахстана, производя более 90 % электроэнергии страны. Однако данный сегмент сталкивается с рядом вызовов, таких как высокий износ оборудования, растущие затраты на эксплуатацию и необходимость соответствия международным экологическим стандартам. Это требует внедрения мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности электрооборудования, что позволит не только снизить эксплуатационные расходы, но и минимизировать воздействие на окружающую среду [3, с. 53].

Существуют также работы, посвященные оптимизации технологических процессов, таких как регулирование подачи воды и пара, а также использование энергоэффективных трансформаторов [3, с. 54]. Однако до настоящего времени остается недостаточно

проработанным вопрос интеграции различных методов в единую систему повышения эффективности на уровне собственных нужд тепловой станции.

Электрооборудование собственных нужд тепловых станций включает электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров, а также трансформаторы и распределительные устройства. Согласно данным по одной из станций Казахстана, доля энергопотребления оборудования собственных нужд составляет 10–12 % от общей выработки электроэнергии [2, с.15].

Для повышения энергетической эффективности электрооборудования собственных нужд ТЭС ключевым направлением является замена устаревших элементов на современные энергоэффективные аналоги. Замена электродвигателей насосов и вентиляторов на модели с более высоким КПД, установку частотно-регулируемых приводов для адаптации работы оборудования к текущим нагрузкам, что уменьшает избыточное энергопотребление, интеграция современных систем релейной защиты, которые повышают надежность работы и предотвращают поломки оборудования являются необходимым для модернизации оборудования.

Ключевыми проблемами являются:

Высокий уровень потерь в трансформаторах и распределительных устройствах.

Низкая автоматизация процессов управления энергопотреблением.

Отсутствие систем мониторинга и диагностики в реальном времени.

Современные технологии, такие как когенерация, открывают новые возможности для повышения энергетической эффективности. Когенерационные установки позволяют одновременно вырабатывать тепло и электричество, что увеличивает общий КПД системы. Кроме того, использование интеллектуальных систем мониторинга дает возможность оперативно реагировать на изменения в работе оборудования и предотвращать потери энергии. Внедрение подобных мероприятий на ряде тепловых станций Казахстана, таких как Экибастузская ГРЭС и Алматы ТЭЦ, подтвердило эффективность данных подходов. Использование частотно-регулируемых приводов и АСУ позволило этим станциям снизить удельные энергозатраты на 15–20 %, а применение когенерации обеспечило повышение общего КПД на 10–12 % [4, 10].

Предложенные мероприятия по повышению энергетической эффективности электрооборудования собственных нужд тепловых станций основаны на использовании передовых технологий и адаптации их к специфике работы ТЭС. Они позволяют снизить эксплуатационные расходы, улучшить экологическую устойчивость и обеспечить соответствие современным требованиям энергосбережения. Для успешной реализации необходимы координированные усилия со стороны предприятий, государственных органов и научного сообщества.

ЛИТЕРАТУРА

1 Плиева М.Т., Кабисов А.А., Гудиев Т.Т. Разработка мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в распределительной системе // Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), г. Владикавказ. 2018 Г. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74941/1/ersps_2018_084.pdf.

2 Перспективы энергоснабжения РСО-Алания за счет использования возобновляемых источников электроэнергии / Р. В. Клюев, И. А. Берко, М. Т. Плиева // Современное состояние и перспективы развития научной мысли : сборник статей междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 25 мая 2015 г.). Уфа : ООО «Аэтерна», 2015. Ч. 2. С. 53–55.

3 Бадмаева С. Д. Энергономика промышленного производства: монография. СПб.: СПбЛТА, 2000. -152 с.

4 Премьер-министр Республики Казахстан. Минэнерго разработан план мероприятий по развитию электроэнергетической отрасли. Будут введены 26 ГВт новых генерирующих мощностей. 2024 г. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/minenergo-razrabotal-plan-meropriyatiy-po-razvitiyu-elektroenergeticheskoy-otrasli-budut-vvedeny-26-gvt-novykh-generiruyushchikh-moshchnostey-26978>.

Секция 2

**Жылуэнергетикасының заманауи мәселелері және
жаңартылатын энергия көздері**
Современные проблемы теплоэнергетики и
возобновляемые источники энергии

**РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ СМЕСИ УГОЛЬНО-ШЛАКОВЫХ
ОТХОДОВ И ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

АКИШОВ Ж. К.
преподаватель, Университет Шакарима, г. Семей
ЖАКСЫЛЫКОВ А. Е., ҚИНАЯТ Б. А.
студенты, Университет Шакарима, г. Семей

В данной статье рассматривается проблема отходов теплоэнергетики и их негативного влияния на окружающую среду. Предложен инновационный метод переработки угольно-шлаковых отходов и вторичных полимеров в строительные материалы. Приведены исследования свойств полученных материалов, включая прочность, влагостойкость и термостойкость. Рассмотрены преимущества использования таких материалов в строительной отрасли с экологической и экономической точки зрения.

Одной из наиболее острых экологических проблем в теплоэнергетике является накопление угольно-шлаковых отходов, которые занимают большие площади на свалках, загрязняют почву и водоёмы, а также представляют угрозу для здоровья человека. Согласно данным Министерства энергетики Республики Казахстан, ежегодно на свалки поступает более 10 миллионов тонн угольных отходов, что создаёт серьёзную нагрузку на экологию и требует разработки эффективных методов переработки и утилизации.

Кроме того, вторичные полимеры, такие как пластиковые отходы, являются серьёзной проблемой в мире. По статистике, около 9% пластиковых отходов перерабатывается, а остальные 91% оказываются на свалках или в океанах. Стремительное увеличение количества пластиковых отходов также приводит к загрязнению окружающей среды. Проблема переработки пластиковых отходов остаётся актуальной, особенно в строительной отрасли, где

пластик может быть использован для создания инновационных строительных материалов.

Современная теплоэнергетика генерирует значительные объёмы угольно-шлаковых отходов, которые требуют эффективной утилизации. Одновременно с этим накапливаются пластмассовые отходы, что усугубляет экологическую ситуацию [1]. Разработка строительных материалов на основе этих отходов представляет собой перспективное направление, позволяющее снизить нагрузку на окружающую среду и создать конкурентоспособные продукты с улучшенными характеристиками.

Основной инновацией предлагаемой технологии является использование угольно-шлаковых отходов в комбинации с пластиковыми полимерами для производства строительных материалов. На текущий момент в мире существует несколько исследований, направленных на использование угольных отходов в качестве добавок в строительные материалы, но сочетание этих отходов с пластиковыми полимерами является относительно новым направлением.

Кроме того, предложенная технология позволяет значительно снизить стоимость производства материалов за счёт использования дешевых и доступных компонентов. Это особенно важно для стран с развивающимися рынками, где стоимость строительных материалов может быть высока.

Для разработки технологии были проведены лабораторные исследования, включающие испытания различных пропорций угольно-шлаковых отходов и пластиковых полимеров. Были изготовлены образцы тротуарной плитки, после чего проведены их механические испытания, включая измерение прочности на сжатие, устойчивости к воздействию внешней среды и износостойкости. Ожидается, что предложенная технология позволит создать плитку, которая будет не только прочной и долговечной, но и экологически безопасной, благодаря использованию переработанных материалов.

Состав сырья:

- Угольный шлак (проходит очистку и фракционирование);
- Вторичные полимеры (ПЭТ, ПП) переработаны методом термического плавления;

– Добавки для улучшения адгезии и механических свойств [2].

Методика производства:

1. Измельчение и очистка угольно-шлаковых отходов.

2. Перемешивание с расплавленным полимером при температуре 200–250°C.

3. Формование изделий под давлением.

4. Термообработка для повышения прочностных характеристик.

5. Испытания на механическую прочность, влагостойкость и морозостойкость [3].

Результаты и обсуждение

Лабораторные исследования показали, что оптимальным является соотношение 60% угольного шлака и 40% полимерного связующего. Полученные образцы обладают следующими характеристиками:

– поверхность - однородная глянцево-матовая, без пор,

плотность 2700 кг/м³,

водопоглощение - 0,

разрушающее напряжение:

– при изгибе 150 МПа,

– при растяжении 90 МПа,

– при сжатии 200 МПа,

кислотостойкость - 99%,

щелочностойкость - 96,5%, [4].

Ожидаемые свойства материалов

Изготавливаемые с использованием угольно-шлаковых отходов и вторичных полимеров материалы будут обладать рядом уникальных характеристик:

1. Прочность и износостойкость: Предполагается, что тротуарная плитка, произведённая с использованием этой технологии, будет иметь высокую прочность на сжатие и устойчивость к механическим повреждениям.

2. Экологичность: Использование отходов в качестве основного сырья снижает нагрузку на экологию и способствует утилизации отходов, которые в противном случае загрязняли бы окружающую среду.

3. Долговечность: Материалы будут устойчивы к воздействию внешней среды, включая влагу, ультрафиолетовые лучи и перепады температур.

[5].

Экологические и экономические аспекты

Использование угольно-шлаковых отходов в строительной отрасли способствует сокращению объема отходов на полигонах и снижению потребления природных ресурсов (песка, цемента). Кроме

того, себестоимость производства шлакополимерных материалов на 30–40% ниже традиционных строительных материалов, что делает их экономически выгодными [6].

Прогнозируемые результаты исследования включают успешную разработку материала, который будет иметь такие же или даже лучшие эксплуатационные характеристики, чем традиционные строительные материалы. Мы уверены, что полученная технология может быть внедрена в промышленное производство, что позволит значительно сократить объем угольно-шлаковых отходов и пластиковых отходов на свалках.

Перспективы применения технологии включают расширение ассортимента продукции, включая производство не только тротуарной плитки, но и других строительных материалов, таких как кирпичи и люки.

Заключение

Разработка строительных материалов на основе смеси угольно-шлаковых отходов и вторичных полимеров позволяет не только эффективно утилизировать промышленные отходы, но и получить продукцию с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию состава и изучение новых возможных применений данного материала [7].

Разработка технологии переработки угольно-шлаковых отходов и вторичных полимеров для производства строительных материалов представляет собой перспективное направление в решении экологических проблем. Использование отходов в производстве строительных материалов позволяет не только минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, но и создать экономически выгодный продукт, который может быть широко использован в строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1 Петров И.В., Сидоров А.Н. «Переработка промышленных отходов в строительной индустрии». – Москва: Наука, 2022.

2 Иванова Л.П. «Полимерные связующие в строительных материалах». – Санкт-Петербург: Стройиздат, 2021.

3 Кузнецов В.А., Орлов А.С. «Методы испытаний строительных материалов». – Екатеринбург: УралНИИ, 2020.

4 Захаров Е.М. «Угольный шлак как вторичный ресурс». – Казань: ТатНИИ, 2019.

5 Смирнов Д.В. «Модификаторы и стабилизаторы для полимеров». – Новосибирск: Технопарк, 2021.

6 Беляев А.О. «Экономическая эффективность утилизации промышленных отходов». – Алматы: Экономика, 2023.

7 Фёдоров В.Г. «Перспективы применения полимеров в строительстве». – Минск: БелНИИ, 2022.

АНАЛИЗ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

АМРЕНОВА А. Ж.

ст. преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

ДОСТИЯРОВ А. М.

профессор, доктор технических наук, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

ЯМАНБЕКОВА А. К.

ассоц. профессор, PhD, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

Водогрейные котлы малой мощности широко используются для автономного теплоснабжения в различных отраслях промышленности. Достаточно остро стоит задача разработки эффективных отечественных малотоксичных горелочных устройств для котлов малой мощности. Характерным свойством воспламенения и сгорания топлива в таких котлах является его протекание в стесненных условиях из-за малых размеров камер сгорания и жаровых труб. Эти процессы существенно отличаются от процессов в открытых камерах сгорания энергетических котлов большой мощности и еще недостаточно изучены [1, с. 9]. В современных условиях повышения требования по вопросам экологического и экономического плана становится актуальной эксплуатация высокоэкономичных водогрейных котлов [2, с. 13].

Горелочное устройство способствует преобразованию химической энергии топлива (жидкого или газового) в тепловую. При этом назначение горелки сводится не только к полному сжиганию топлива, но и к организации газозоудного либо капельного факела, отвечающего требованиям технологического процесса в промышленной установке и, как следствие, наименьшим тепловым потерям и минимальным выбросам вредных веществ [3, с. 17].

Основные условия, которые обеспечивают максимальную эффективность сгорания топлива:

- полная надежность и безопасность в работе, что обеспечивается ограничением тепловыделения непосредственно в горелке при минимальном подводе продуктов сгорания из топки к ее устью для зажигания топливовоздушной смеси и охлаждением горелки от перегрева потоками воздуха и газа;

- устойчивость зажигания, обеспечиваемая стабилизацией фронта горения в широких пределах изменения теплопроизводительности горелок;

- простота конструкции, изготовления, обслуживания, ревизии, ремонта и автоматизации работы горелки по простейшим схемам;

- универсальность – возможность использования в установках различных типов в качестве комбинированного устройства, обеспечивающего полное сжигание газа и любого другого вида топлива (основного резервного) при удовлетворении технологических требований установок;

- минимальное сопротивление по воздушному тракту;

- обеспечение в случае надобности в камере горения атмосферы (восстановительной или окислительной);

- при режиме сжигания газа сохранность горелочного оборудования для других (резервных) видов топлива;

- бесшумная работа на всех нагрузках, без вибраций арматуры и элементов установки;

- обеспечение требуемой длины и необходимого угла раскрытия факела пламени в камере горения или топке [3, с. 7].

Применяются большое количество горелочных устройств разных конструкций. Для их классификации предложено несколько признаков, некоторые из которых представлены в таблице 1 [4,5,6,7]. Данная классификация не является исчерпывающей, т. к. существует достаточное количество горелок с используемыми в них оригинальными техническими решениями, например, горелки типа FIR (Forced Internal Recirculation) с принудительной внутренней рециркуляцией, которые существуют всего в нескольких реализациях и не классифицируются по большинству признаков [8, с. 21].

Таблица 1 – Классификация горелочных устройств

№	Типы	Виды
1	По виду используемого топлива	- Газовые - Жидкотопливные - Пылеугольные - Комбинированные
2	По типу смешения воздуха и топлива	- Диффузионные горелки - Горелки с предварительным перемешиванием - Комбинированные
3	По типу движущей силы	- с принудительной тягой - с уравновешенной тягой - инжекционные
4	По наличию закрутки	- вихревые - прямоточные - прямоточно-вихревые
5	По типу используемого закручивающего устройства	- аксиальные - тангенциальные - улиточные - аксиально-тангенциальные (диагональные) - комбинированные
6	По наличию конструктивных особенностей (другое)	- Традиционные - Муфельные - Ротационные - Канальные - и т. д.
7	По уровню эмиссии NOx	- традиционные - Low NOx - Ultra Low NOx
8	По типу снижения NOx	- с использованием топливной стадийности - с использованием воздушной стадийности - с рециркуляцией - комбинированные - и т. д.
9	По комплектности горелки	- Моноблочные (со всем необходимым оборудованием, малой мощности) - Блочные (без специального оборудования для подачи воздуха и топлива, большой мощности)

Существует два основных типа газовых горелок, которые различаются по методу формирования смеси топлива и воздуха, необходимой для сгорания.

Каждый тип имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения эффективности, надежности, эксплуатации и экологичности.

Атмосферные горелки (инжекционные) - используют принцип конвекции для подачи воздуха и топлива в камеру сгорания. Воздух поступает естественным образом из окружающей среды благодаря разности давлений. Топливо также поступает под действием гравитации. Атмосферные горелки просты в конструкции и обслуживании. Но их эффективность может быть ниже по сравнению с другими типами горелок из-за ограничений в контроле подачи топлива и воздуха; могут требовать более частого обслуживания для поддержания оптимальной работы; ограниченные возможности по регулированию процесса сгорания.

Наддувные (вентиляционные) устройства: Эти горелки используют вентилятор для принудительной подачи воздуха в камеру сгорания и вытяжки продуктов сгорания. Это обеспечивает более точный контроль над процессом сгорания и повышает эффективность работы котла. Принудительная тяга также позволяет более эффективно сжигать различные виды топлива, включая сжиженный газ, мазут и др. Недостатками данной горелки является необходимость в регулярном обслуживании и проверке состояния вентилятора, более высокая стоимость приобретения и установки.

Низконапорные горелки: Эти горелки характеризуются низким давлением подачи топлива и воздуха. Они обычно используются в системах с низкими требованиями к мощности и предназначены для работы с жидкими топливами, такими как дизельное топливо или сжиженный газ. Низконапорные горелки могут быть компактными и экономичными, что делает их подходящими для применения в домашних и малых коммерческих котельных. Недостатками данной горелки является ограниченные возможности в работе с высокими нагрузками, могут потребовать специального обслуживания и настройки.

Для обеспечения минимизации выбросов необходимо усовершенствовать процессы горения и повышать производительность теплоиспользующих установок [9].

Анализируя состояние вопроса теплоснабжения и загрязнения вредных выбросов котельных, часто приходим к решению о замене устаревших водогрейных котлов современными аналогами

и установки малотоксичной микрофакельной горелки. Для лучшей организации микрофакельного сжигания необходимо интенсификация процессов горения [10, с. 6].

Микрофакельные горелки обеспечивают высокую эффективность сгорания топлива благодаря своей конструкции, что позволяет использовать топливо с максимальной эффективностью. Из-за их малых размеров и низкого веса микрофакельные горелки легко переносить и интегрировать в различные устройства и системы. Они обладают возможностью точного контроля параметров сгорания, таких как температура, скорость горения и расход топлива, что делает их идеальными для приложений, требующих высокой точности и стабильности процесса.

Разрабатываемая микрофакельная горелка планируется для установки на водогрейных котлах. Микрофакельная горелка, содержащая топливную трубку с отверстиями для подачи газа, конфузорный канал, на котором установлены входные лопаточные завихрители воздуха, узкое сечение, диффузорный канал для смешивания топливовоздушной смеси, отличается тем, что установление выходных уголкового стабилизаторов, могут быть выполнены двумя способами: 1. в виде решетки, изготовленных из уголков, из жаростойкой стали; 2. в виде многогранников, расположенных коаксиально друг другу, также изготовленных из жаростойкой стали, а также в диффузорном канале выполнены щели в два ряда, создающие противоположное вращения вторичного воздуха к топливовоздушной смеси, обеспечивающие более равномерный поток на входе в стабилизатор и микрофакельное сжигание на уголкового стабилизаторах.

Данный процесс создает хорошо сбалансированную смесь топлива и воздуха, которая затем стабилизируется в решетках на выходе, выполненных из уголков (или в многогранниках, выполненных из уголков) и поддерживается в форме микрофакелов с помощью угловых стабилизаторов, расположенных на выходе. Кроме того, есть четыре пламя перекидывателя из уголков для обеспечения полного сгорания топливовоздушной смеси, которые также закреплены на угловых стабилизаторах.

Таким образом, изобретение может обеспечивать эффективное и устойчивое сжигание природного газа в малых водогрейных котлах с минимальными выбросами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Roslyakov, P.V., Proskurin, Y.V. & Khokhlov, D.A. Development of combined low-emissions burner devices for low-power boilers. *Therm. Eng.* 64, 574–584 (2017). <https://doi.org/10.1134/S0040601517080092>
- 2 Орумбаев, Р.К. «Исследование, разработка и организация серийного производства водогрейных котлов нового поколения»: дисс. д.т.н. – Алматы, 2002. – 253с.
- 3 В. Р. Ведрученко, Н.В. Жданов, Е.Е. Жданова, Е.С. Лазарев Особенности выбора горелочных устройств для котлоагрегатов малой производительности. Омский научный ВЕСТНИК №3 (83) 2009.
- 4 Ахмедов Р.Б. Дутьевые газогорелочные устройства. - М.: Недра, 1977
- 5 ОСТ 108.836.05-82. Горелки газомазутные и амбразуры стационарных паровых котлов. Типы, основные параметры и технические требования. Конструкция и размеры. Методы расчета и проектирования: Нормативно-технический материал. - М.: 1984
- 6 Горелки для отопительных и промышленных установок / Под ред. С.Е. Беликова. - М.: ООО «Квартика-М», 2003
- 7 Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф. Роддатиса - М.: Энергоатомиздат, 1989
- 8 Проскурин Ю.В. «Исследование и разработка малоэмиссионного комбинированного горелочного устройства для жаротрубных котлов»: дисс.к.т.н. – Москва, 2019.
- 9 Т. И. Бельская. О выборе горелочных устройств для котлоагрегатов малой мощности при реконструкции муниципальных котельных и других топливосжигающих установок. Омский научный ВЕСТНИК №1, 2016.
- 10 Сударев А.В., Маев В.А. Камеры сгорания газотурбинных установок. Интенсификация горения. – Л.: Недра, 1990. – 274 с.: ил.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ И ГОРЕНИЯ ЗА V-ОБРАЗНЫМИ ПРОФИЛЯМИ В COMSOL MULTIPHYSICS И ANSYS FLUENT

ДУЙСЕНБЕК Ж. С.

ассоц. профессор, PhD, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

ДОСТИЯРОВ А. М.

профессор, д.т.н., Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

АМРЕНОВА А. Ж.

ст. преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы

В данной работе рассматривается численное моделирование обтекания и горения за V-образными профилями с использованием программных комплексов COMSOL Multiphysics и ANSYS Fluent. Исследуется влияние геометрии профиля на формирование рециркуляционной зоны, процесс перемешивания топливно-воздушной смеси и образование токсичных компонентов в продуктах сгорания. Особое внимание уделено влиянию угла раскрытия профиля на стабилизацию пламени и уровень выбросов оксидов азота. Численный анализ позволяет определить оптимальные параметры для эффективного и экологически безопасного процесса горения. Результаты моделирования сопоставлены с экспериментальными данными, что подтверждает достоверность полученных выводов.

В статье приводится анализ влияния угла между основаниями профилей на аэродинамические показатели, а также образование оксидов азота. Проведенный анализ показал, что с точки зрения вышеупомянутых параметров наиболее оптимальным углом между основаниями профилей является угол в 45°.

Процессы горения за плохообтекаемыми телами остаются актуальной областью исследований, несмотря на их длительное изучение [1, с. 12]. Это обусловлено простотой изготовления, высокой надежностью и эффективностью стабилизации пламени [2, с. 15]. В энергетике такие конструкции широко применяются в стационарных газотурбинных установках [7, с. 18].

В отличие от газовых турбин, которые в нашей стране в основном импортируются, использование микрофакельных устройств играет важную роль в процессах утилизации выхлопных газов, работе мусоросжигательных установок, а также в системах очистки бензина

и контроля выбросов транспортной инфраструктуры. Их внедрение особенно актуально в нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности.

Анализ показал, что микрофакельный принцип горения может эффективно применяться для снижения выбросов токсичных веществ в перечисленных отраслях. В данной работе представлены результаты численного моделирования течения потока вокруг V-образных профилей, предназначенных для факельных горелок, сжигающих газовые и газоконденсатные смеси. Основная цель исследования — определить наиболее эффективную геометрию профилей. Для этого использовалось программное обеспечение COMSOL Multiphysics, обеспечивающее моделирование динамики как несжимаемой, так и сжимаемой жидкости.

Для простоты моделирования, в статье использовались 2 мерные области. Область моделирования представлена на рисунке 1.

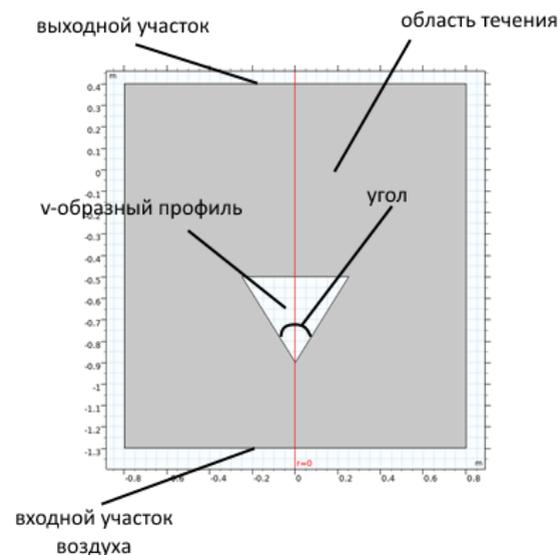


Рисунок 1 – Область моделирования

Область моделирования состоит непосредственно из V-образного профиля, входного и выходного участков и области течения. В моделировании изменялся угол между двумя основаниями. Длина оснований была постоянной и равна 40 мм, угол менялся в

диапазоне 90-300. Основной идеей статья является определение скоростных и давленческих контуров, в виду того, что процессы горения и образования в турбулентных факелах в значительной мере зависят не от химических реакций, а от физических т.е. скорости перемешивания ТВС, размера рециркуляционной зоны. Согласно [8, с. 11] давление и время пребывания газов в зоне горения имеют достаточно высокое влияние на образование оксидов азота.

Сетка модели. На рисунке 2 представлена сетка моделируемой области. Основной задачей сетки является достаточно малые значения размеров каждой ячейки, позволяющей наиболее точно определить параметры. В виду того, что моделирование проводилось в осесимметричной области, часть модели не показана.

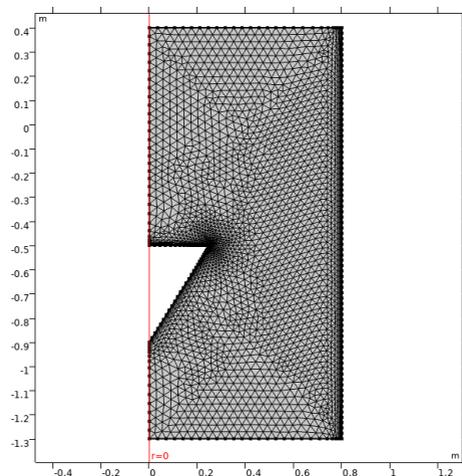


Рисунок 2 – Сетка моделируемой области.

Таблица 1 – Начальные параметры

№	Скорость воздуха, м/с	Начальная температура (воздуха), К	Начальное давление, Па
1	10	500	101325

При моделировании использовалась модель турбулентности k-ε realizable.

В виду того, что в статье рассматривалось лишь влияние подачи топлива, при моделировании скорость и значение расхода топлива не изменялись.

На рисунке 3 представлены контуры скоростей для трех вариантов v-образных профилей. Как видно из рисунка, при широком угле (а) за кромкой основания профиля наблюдается ускорение потока до 16 м/с, а непосредственно за профилем находится зона пониженных и отрицательных скоростей, т.е. рециркуляционных зон. Причем с уменьшением геометрических размеров (б,в) зона рециркуляции уменьшается в размерах. Наиболее оптимальным с точки зрения аэродинамики является вариант б в виду относительно низких потерь давления и достаточно развитой зоной рециркуляции.

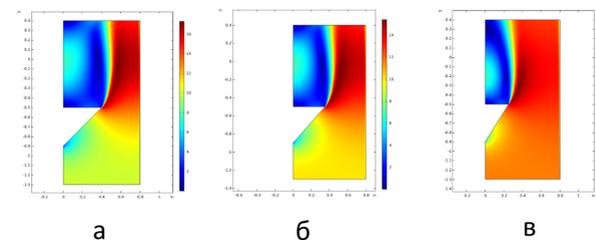


Рисунок 3 – Контурь давлений

На рисунке 4 представлены контуры давления за профилями. Наибольшие гидравлические потери напора наблюдаются на профиле А, что подтверждается наличием ярко-красных областей перед профилями с давлением 138 кПа. В остальных профилях перед профилями зафиксированы более низкие значения давления — 106 и 60 кПа.

Низкое давление за профилями способствует формированию рециркуляционного потока. Однако, с точки зрения процессов горения и образования токсичных веществ, развитая зона рециркуляции имеет как преимущества, так и недостатки. С одной стороны, увеличивается время пребывания газов в зоне высоких температур, что способствует образованию оксидов азота. С другой стороны, это снижает недожог и задымленность за счет лучшего использования окислителя.

Авторы провели серию экспериментов [4, с. 16], изучая влияние геометрии угольных стабилизаторов. Результаты показали, что

оптимальный угол составляет 45° . Проведенный численный анализ в программе COMSOL Multiphysics подтвердил эти выводы.

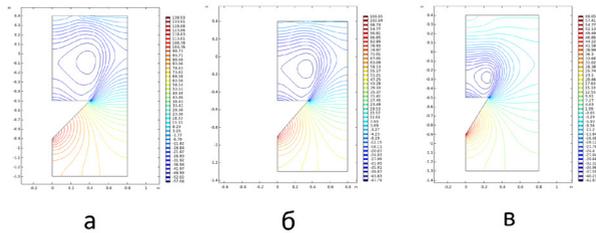


Рисунок 4 – Контурные давления

На рисунке 5 представлены температурные контуры при горении пропан-бутановой смеси за v-образными профилями при постоянной скорости окислителя (воздуха) и различных углах. Концентрации оксидов азота при различных углах представлены в таблице 1.

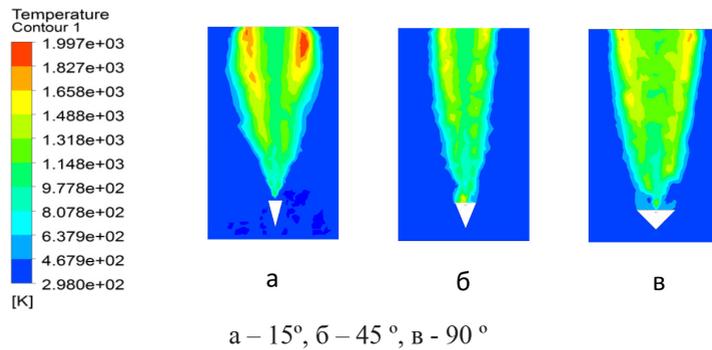


Рисунок 5 – Контурные температур при различных углах

Как видно из рисунка, при небольшом угле раскрытия пламя не стабилизируется в устье уголка, что снижает степень перемешивания топливно-воздушной смеси. В результате в «хвостовой» части факела наблюдаются повышенные температуры, способствующие увеличению концентрации оксидов азота.

Использование угла в 45° обеспечивает оптимальный баланс между размером рециркуляционной зоны и временем пребывания газов в зоне горения. Это способствует эффективной стабилизации пламени при относительно низком уровне образования оксидов азота.

При угле 90° рециркуляционная зона значительно увеличивается, что приводит к длительному удержанию газов в области высоких температур. Это, в свою очередь, способствует росту концентрации оксидов азота в продуктах сгорания.

Численный анализ процессов горения подтверждает, что угол в 45° является оптимальным с точки зрения экологической эффективности. Данный вывод также подтверждается результатами экспериментов с использованием уголковых стабилизаторов. [4, с. 26].

Таблица 2 – Температура уходящих газов и концентрация оксидов азота в них

№	Угол профиля	Температура уходящих газов, К	Концентрация оксидов азота, ppm
1	15°	1010	15
2	45°	920	6.8
3	90°	1100	13

Приведенные результаты численного моделирования доказывают многократно проведенные эксперименты, наиболее оптимальным с точки зрения аэродинамики является угол в 45° . При увеличении угла до 90° резко повышаются гидравлические потери, скорость воздуха в узком сечении повышается 1,6-1,7 раза, что может отрицательно повлиять на стабилизацию факела. Однако, при широком угле имеется хорошо развитая рециркуляционная зона, что говорит о повышенной стабилизации пламени. Наименьший угол является неблагоприятным с точки зрения стабилизации пламени, в виду недостаточной развитой зоны рециркуляции, что чаще всего приводит к недожогу топлива. Проведенное численное моделирование подтверждает полученные ранее полученные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Achenbach E. Vortex shedding from spheres// Journal of Fluid Mechanics. - 1974. - Vol.62. – P. 9–21.
- 2 Zukoski E.E. Flame stabilization on bluff bodies at low and intermediate Reynolds numbers: PhD thesis. – Pasadena: California Institute of Technology, 1954. – 93 p.
- 3 Ballal D.R., Lefebvre, A. H. Weak Extinction Limits of Turbulent Flowing Mixtures// Journal of Engineering for Power. – 1979. - Vol. 101, № 3. - P. 343–348.

4 Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Quiwang Wang. Experimental investigation of v-gutter flameholders// Thermal Science. – 2017. Vol.21, № 2. - P. 1011-1019.

5 Umyshev et.al. Application of semi perforated v-gutter flameholders in heat-generating systems for autonomous building heating// International journal of mechanics and mechanotronics. – 2016. - Vol.16, №6. - P. 63-69.

6 Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Tyutebayeva G.M. Experimental investigation of the management of NOx emissions and their dependence on different types of fuel supply// Espacios. – 2017. - Vol.38, №24. – P.17.

7 Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. - М.: Изд-во Мир, 1986. – 566 с.

8 Христич В.А. Газовая горелка с широким диапазоном регулирования производительности// В кн.: Теория и практика сжигания газа. - 5 – е изд. – Л.: Изд-во Недр, 1964. - Т.2. - 341 с.

9 Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Duisenbek Zh.S., Tyutebayeva G.M., Yamanbekova A.A., Bakhtyar B.T., Hristov J. Effects of different fuel supply types on combustion characteristics behind group of v-gutter flame holders: experimental and numerical study, Thermal Science 2020 Volume 24, Issue 1 Part A, p. 379-391.

10 Умышев Д.Р., Достияров А.М., Дуйсенбек Ж.С., Яманбекова А.К., Экспериментальное изучение различных вариантов подачи топлива на процессы горения за группой угольковых стабилизаторов, «Вестник ПГУ. Серия энергетическая» № 3, с. 431-447.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ И ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТОО «ТЕМІРЖОЛСУ-ПАВЛОДАР»

КАРМАНОВ А. Е.

Phd, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
АСЕТ Ж.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
НИКИФОРОВ А. С.

доктор, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Предприятие ТОО «Теміржолсу-Павлодар» осуществляет комплексное обеспечение потребностей железнодорожного транспорта и населения в питьевой и технической воде, а также в тепловой энергии, что связано с значительными затратами на

топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Энергоэффективность на предприятии постоянно совершенствуется путем модернизации оборудования и оптимизации процессов, что способствует снижению энергоемкости производства.

Анализ статистических данных по расходу ТЭР за период с 2015 по 2019 годы показал рисунок 1, что с 2015 по 2017 год потребление ТЭР увеличилось на 82,16 %, однако в последующие два года наблюдается снижение на 15,42 %. В результате этого, затраты на ТЭР в денежном выражении увеличились на 24,8 % в период с 2015 по 2018 гг., но с 2018 по 2019 гг. наблюдается небольшой спад.

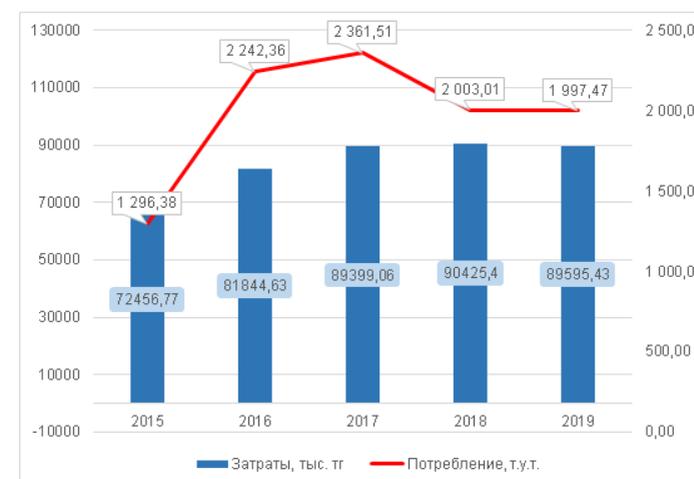


Рисунок 1– Динамика расхода и затрат на приобретение ТЭР и воды за 2015-2019 гг.

Основной ресурс, потребляемый предприятием, — это котельно-печное топливо (каменный уголь), составляющее 79,94% от общего потребления ТЭР. Следовательно, основным направлением повышения энергоэффективности является оптимизация использования КПП, а также сокращение потребления тепловой и электроэнергии.

Для оценки эффективности энергопотребления были рассчитаны удельные показатели, включая удельный расход тепловой энергии, который в 2019 году составил 0,299 Гкал/м³. Эти данные позволяют точно определить направления для дальнейшего

улучшения энергоэффективности и формирования мероприятий по энергосбережению.

Внедрение комплекса мероприятий по оптимизации потребления ТЭР и модернизации энергетического оборудования позволит достичь значительного снижения затрат и повышения общей энергоэффективности предприятия [1, с. 25]. Для этого важно развивать системы учета энергоресурсов и продолжать совершенствование процесса энергетического аудита на всех уровнях предприятия.

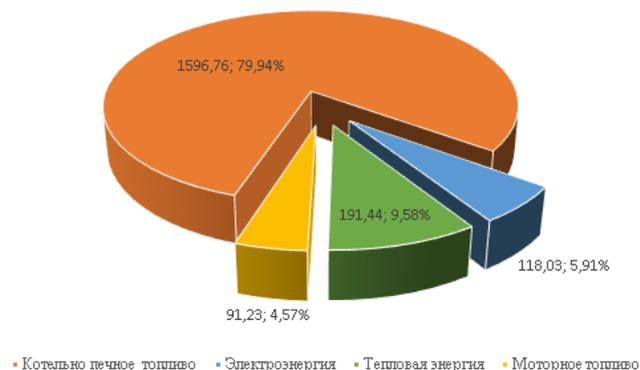


Рисунок 2 – Структура расхода ТЭР за базовый 2019 г.

В таблице представлены объемы отапливаемой площади и удельные показатели энергоэффективности предприятия по расходу КПП, тепловой электроэнергии на отапливаемую площадь за 2019 г.

Таблица 1 – Объемы отапливаемой площади и удельные показатели энергоэффективности за 2019 г.

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	2019 г.
1	Общая отапливаемая площадь	м ²	4 474,8
2	Площадь, отапливаемая тепловой энергией	м ²	4 474,8
3	Тепловая энергия	Гкал	1 338,76
4	Удельный расход тепловой энергии	Гкал/м ²	0,299

Показатели энергоэффективности необходимы для отражения реальной картины использования энергоресурсов, что позволяет

оценить продуктивность потребления энергии в производстве и определить результативность комплекса мероприятий по энергосбережению.

Электроснабжение предприятия выполнено по электрическим сетям от 220/110/35 кВ от энергопередающих организаций.

Ниже в таблице представлена динамика за период 2015–2019 гг. потребления ТЭР на нужды электроснабжения.

Таблица 2 – Динамика потребления и затрат на приобретение электроэнергии за 2015–2019 гг.

№ п/п	Наименование энергоносителя	Единица измерения	Предшествующий период				Базовый год 2019
			2015	2016	2017	2018	
1	Электроэнергия	тыс. кВт	772,13	1 047,45	970,70	1 002,24	959,62
		т.у.т	94,97	128,84	119,40	123,28	118,03
		тыс. тг	11103	15 062,26	13 123,92	13 660,49	12 954,87
		тг/кВт*ч	14,38	14,38	13,52	13,63	13,50

Подробная динамика потребления электрической энергии представлена на рисунке Рисунок 3.

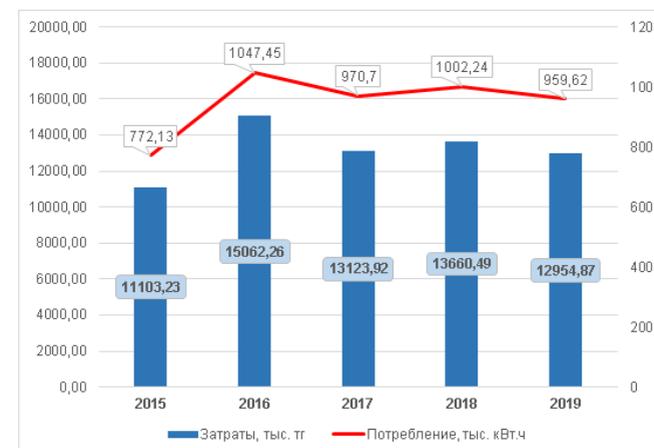


Рисунок 3 – Динамика потребления и затрат на приобретение электроэнергии за 2015-2019 гг.

Из приведенных данных наблюдается, что потребление электроэнергии предприятием за период 2015-2016 гг., демонстрирует увеличение на 275,32 кВт*ч. С 2016 по 2019 гг. потребление снизилось на 87,83 кВт*ч или 8,39.

Затраты на приобретение меняются прямо пропорционально потреблению, с учетом ежегодного повышения тарифов [2, с. 53].

Вывод

Анализ энергопотребления и затрат на ТЭР в ТОО «Теміржолсу-Павлодар» показывает, что с 2015 по 2017 годы наблюдается увеличение потребления ТЭР на 82,16 %, что связано с ростом потребностей в энергоносителях. Однако в 2018-2019 гг. потребление снизилось на 15,42 %, что привело к уменьшению затрат на ТЭР в денежном выражении. Основным источником потребления является котельно-печное топливо, на долю которого приходится 79,94 % от общего потребления.

Оптимизация использования КПП и модернизация энергетического оборудования позволят снизить энергозатраты и повысить энергоэффективность предприятия. В частности, внедрение систем учета энергоресурсов и совершенствование энергетического аудита помогут достичь значительных улучшений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Государственная программа энергосбережения Республики Казахстан на 2013-2020 годы. – Алматы: Министерство энергетики РК, 2013.
- 2 Энергетический аудит: теория и практика. / Под ред. М. В. Яковлева. – М.: Энергия, 2012.
- 3 Основы энергосбережения: Учебник для вузов. / И. Л. Горчаков, В. И. Долгих, С. В. Мельников. – М.: Издательство «Наука», 2011.
- 4 Анализ и управление энергетическими системами. / В. И. Коваль, Н. П. Левин. – М.: Энергия, 2014.
- 5 Энергетика и ресурсоэффективность на предприятиях. / В. А. Шевченко. – М.: Экономика, 2015.
- 6 Энергоснабжение предприятий: Теория и практика. / В. И. Лесков. – СПб: Издательство Политехнического университета, 2017.
- 7 Экономика энергетических ресурсов. / А. И. Лебедев. – М.: Инфра-М, 2013.
- 8 Методы оптимизации энергопотребления в промышленности. / Под ред. А. В. Токарева. – М.: Энергетика, 2010.

ГАЗ ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫНЫҢ ЖАНУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНДА ПРОПАН МЕН СУТЕГІ ҚОСПАСЫН ЖАҒУ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

ҚАБДЕНОВ Қ. Н.

магистрі, Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Түйіндеме. Бұл мақалада газ турбиналық қондырғылардың (ГТК) жану камерасында пропан мен сутегі қоспасын пайдалану мүмкіндіктері зерттеледі. Жану процесінің термодинамикалық және химиялық ерекшеліктері, қоспаның құрамының жалын температурасына, зиянды шығарындыларға және жану тұрақтылығына әсері талданды. Эксперименттік зерттеулер мен сандық модельдеу нәтижелері сутегінің қосылуы жану процесін жақсартып, СО және СО₂ шығарындыларын азайтатынын, бірақ NO_x шығарындыларын азайту үшін оңтайландыруды қажет ететінін көрсетті. Оптималды сутегі мөлшері 30–40 % аралығында екені анықталды, бұл тиімділік пен экологиялық тепе-теңдікті сақтауға мүмкіндік береді.

Клтгі сөздер: газ турбиналық қондырғы, сутегі, пропан, СО₂, NO_x шығарындылары.

Кіріспе

Әлем жаһандық энергетикалық өзгерістердің алдында тұр, және қоршаған ортаға зиянсыз, тиімді отын шешімдерін іздеу – қазіргі ғылым мен техниканың басты міндеттерінің бірі. Газ турбиналық қондырғылар (ГТК) – авиация, энергетика және өнеркәсіптің негізгі күші болып табылады, бірақ олардың дәстүрлі көмірсутекті отындарға тәуелділігі көмірқышқыл газы (СО₂) және азот оксидтері (NO_x) шығарындыларының көбеюіне әкеледі. Бұл мәселелерді қалай шешуге болады, әрі қуат пен сенімділікті жоғалтпай, экологиялық таза технологияларды дамытуға бола ма? [1].

Бүгінде ең перспективті шешімдердің бірі – сутегі бар отын қоспаларын пайдалану. Сутегі – болашақтың отыны: оның жану жылдамдығы жоғары, жылу шығару қабілеті керемет және СО₂ шығарындыларын мүлдем өндірмейді. [2]. Бірақ бәрі осыншалықты қарапайым ба? Пропан мен сутегі қоспасы жану процесінің сипаттамаларын жақсартады, бірақ сонымен қатар бірқатар инженерлік қиындықтарды тудырады: жалынның таралу

жылдамдығының өзгеруі, температуралық жүктемелердің артуы және NO_x шығарындыларын бақылау қажеттілігі. [3].

Тиімділік, қауіпсіздік және экология арасындағы мінсіз теңгерімді табуға бола ма?

Пропан-сутегі қоспасының құрамын оңтайландырып, зиянды шығарындыларды азайту арқылы ГТҚ тиімділігін арттыруға бола ма?

Бұл зерттеуде біз мына сұрақтарға жауап береміз:

Сутегінің ГТҚ жану камерасындағы жану процесіне әсері қандай?

Пропан-сутегі қоспасы шынымен CO_2 және NO_x шығарындыларын азайта ала ма?

Қазіргі газ турбиналық жүйелерде сутегі бар отынды қауіпсіз пайдаланудың қандай технологиялық шешімдері бар?

Осы зерттеудің нәтижелері экологиялық таза және энергия үнемдейтін газ турбиналық энергетикаға жол аша ала ма? Бұл сұрақтың жауабын бірге іздейік!

Материалдар мен әдістер

Зерттеу пропан мен сутегінің қоспаларын газ турбиналық қондырғыларда жағу процесін зерттеуге бағытталған. Ол үшін зертханалық жану камерасында нақты жұмыс жағдайлары имитацияланды. Бұл процесс жанудың әртүрлі аспектілерін, оның ішінде температураны, жалынның тұрақтылығын және шығарындыларды зерттеуге мүмкіндік берді.

1. Эксперименттік қондырғы

Жану камерасы: диаметрі 120 мм, ұзындығы 300 мм, жұмыс қысымы 0,1–0,5 МПа. Жану температурасы 800–2000 К аралығында болды.

Өлшеу жабдықтары:

Термопаралар – температураны өлшеу үшін.

Газ анализаторы – CO , CO_2 және NO_x концентрацияларын анықтау үшін.

Жоғары жылдамдықты камера – жалынның динамикасын бақылау үшін.

2. Топтық қоспалар

Төрт түрлі пропан-сутегі қоспасы зерттелді:

1. 100% пропан (бақылау үлгісі)
2. Пропан + 20 % сутегі
3. Пропан + 40 % сутегі
4. Пропан + 60 % сутегі.

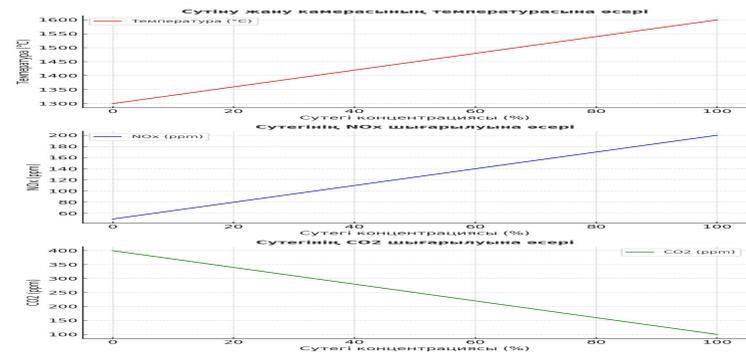
3. Жану процесін зерттеу әдістері

Жалынның тұрақтылығы – қоспаның әртүрлі құрамдарындағы жалынның тұрақты болуы немесе үзілуі зерттелді.

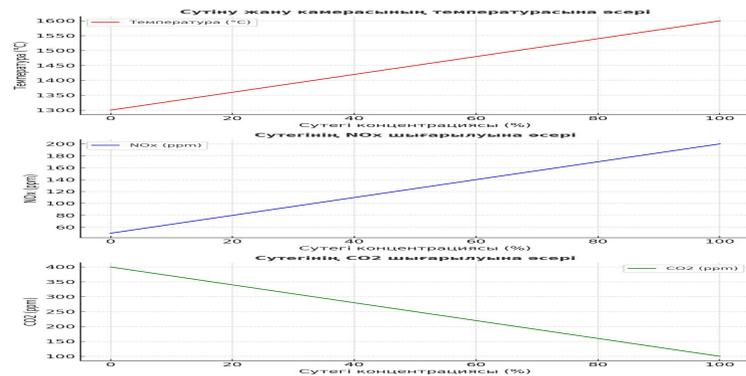
Шығарындыларды талдау – CO_2 , CO және NO_x деңгейлері өлшеніп, сутегі қоспасының экологиялық әсері бағаланды.

4. Нәтиже

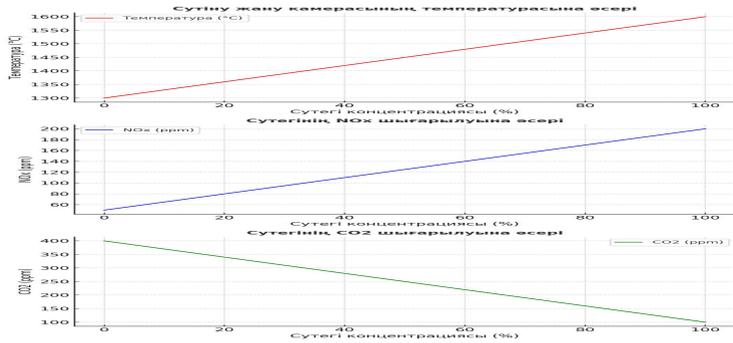
Зерттеу нәтижелері пропан-сутегі қоспаларының жану сипаттамаларын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Бұл газ турбиналық қондырғыларда экологиялық таза және тиімді отын қоспаларын қолдануға жол ашады.



1 – сурет – Температураға сутегі концентрациясының әсері.



2 – сурет – NO_x шығарындыларына сутегі концентрациясының әсері.



3 – сурет – CO₂ шығарындыларына сутегі концентрациясының әсері.

1 Температура сутегі концентрациясының жоғарылауымен жоғарылайды, бұл сутектің жану энергиясының жоғарылауына байланысты.

2 NO_x шығарындылары сутегі концентрациясының жоғарылауымен төмендейді, бұл таза жану процесіне байланысты. Бірақ температураның жоғарылауымен NO_x шығарындылары көбірек болады, сол үшін сутегі концентрациясын 30-40 % арасында аламыз.

3 CO₂ шығарындылары да азаяды, өйткені сутегі таза отын бола отырып, жану кезінде көмірқышқыл газын шығармайды.

Қорытынды талқылау

Зерттеу барысында алынған нәтижелер пропан мен сутегінің қоспаларының газ турбиналық қондырғылардағы жану процесіне терең әсер ететінін көрсетеді. Бұл қоспалар жанудың жылу және химиялық сипаттамаларын өзгертіп, отынның экологиялық және тиімділік тұрғысынан жаңа мүмкіндіктерін ашып отыр.

Жалынның тұрақтылығы мен жану температурасын талдай отырып, біз сутегінің жоғары жану жылдамдығы мен энергиялығын ескере отырып, пропанмен үйлесімді қоспаның жоғары температурада тиімді және тұрақты жануын қамтамасыз ететінін байқадық. Сутегі қосылған кезде отынның жану температурасы айтарлықтай өскеніне қарамастан, оның тұрақтылығы бұзылмайды, керісінше, қоспа толығымен толық жағылуға мүмкіндік береді. Бұл газ турбиналарының жоғары қуатқа ие болуына және жұмыс тиімділігінің артуына әкелуі мүмкін. [3].

Шығарындылар деңгейін зерттеу көрсеткендей, сутегінің пропанмен қоспалары CO₂ және NO_x шығарындыларын айтарлықтай азайтады. 40 % және одан жоғары сутегі қосылған қоспаларда экологиялық тұрғыдан тиімділік байқалды: CO₂ шығарындылары 20%-ға дейін төмендеді, ал NO_x деңгейі 15 %-ға дейін азайды. Бұл жаңалықтар газ турбиналық қондырғылардың экологиялық әсерін азайту үшін маңызды қадам болып табылады. [4].

Алайда, зерттеу барысында сутегінің көп мөлшері қосылған кезде жалынның тұрақтылығын бақылау мәселесі пайда болды. 60 % сутегі қосылған қоспаларда жалынның тұрақтылығын сақтау үшін арнайы басқару жүйелерін енгізу қажет болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде жану процесінің бақылау және реттеу жүйелеріне жаңа талаптар қояды. [1].

Болашақта бұл зерттеу өте маңызды:

Біріншіден, газ турбиналық қондырғыларда сутегі бар отын қоспаларын пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Екіншіден, бұл қоспаларды толықтай автоматтандырылған жүйелермен біріктіру арқылы энергетикалық тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Үшіншіден, бұл зерттеу энергияның таза өрі экологиялық таза көздеріне көшу бойынша әлемдік тенденцияларға сәйкес келеді.

Қорытындылай келе, пропан мен сутегінің қоспаларын газ турбиналық қондырғыларда қолдану болашақтың экологиялық таза энергиясына ұмтылуда маңызды қадам болып табылады. Бұл технологияның тиімділігі мен тұрақтылығы тұрғысынан әлі де зерттеулер мен жетілдірулерді қажет ететіні сөзсіз, бірақ оның қоршаған ортаға зиянды әсерлерін төмендету және энергия өндірісін жақсарту үшін зор әлеуеті бар.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Liu, Y. және т.б. (2022). Газ турбиналарында сутекті жағу: шолу. Energy Conversion and Management.

2 IEA (2023). 2050 жылға қарай нөлдік көміртеқ шығарындылар: Жаһандық энергетика секторына жол картасы.

3 Gupta, A. (2019). Сутегіге байытылған отындарды айналмалы жағу. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power.

4 Wang, S. (2021). Пропан-сутегі қоспаларының термодинамикалық талдауы. Fuel Processing Technology.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В РЕЖИМАХ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ

МАНУЛЕНКО А. И.

Магистрант, Университет имени. Шакарима, г. Семей

ЕРМОЛЕНКО М. В.

к.т.н., асоц. профессор, Университет имени. Шакарима, г. Семей

Введение

Холодильные системы с промежуточным теплоносителем применяются в местах с повышенными требованиями к безопасности людей, особенно при работе в режимах нагрева и охлаждения помещений. Поэтому анализ эффективности их работы в переменных режимах играет ключевую роль в выявлении уязвимостей и оптимизации режимных параметров.

При оценке термодинамических процессов в цикле необходимо учитывать каждый его составляющий процесс. Главной задачей энергетического анализа является определение холодильного коэффициента, коэффициента трансформации, изменения мощности компрессора и тепловой нагрузки на испаритель [1–5].

Исследование таких показателей, как холодильный коэффициент и коэффициент трансформации, позволяет анализировать реальные процессы, происходящие в системе. [6,7].

Изучение энергетической эффективности позволяет определить способы минимизации термодинамических потерь, что приводит к снижению эксплуатационных расходов. Это также помогает снизить воздействие на окружающую среду за счет сокращения потребления энергии и выбросов углекислого газа [8-10].

Целью работы было исследование эффективности работы холодильной системы в режиме охлаждения и нагрева.

Методы исследования

Исследования проводились на экспериментальной холодильной установке с промежуточным теплоносителем, работающей в двух режимах: нагрева и охлаждения (рисунок 1).

В качестве промежуточного теплоносителя использован пропиленгликоль, а в качестве холодильного агента – R134a. Температура теплоносителя на входе в теплообменник варьировалась в диапазоне от 8 оС до 15 оС с шагом 1 оС. Пластинчатый теплообменник в режиме охлаждения выполняет роль испарителя, а в режиме нагрева – конденсатора.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Результаты исследований

По результатам проведенных исследований для анализа энергетических характеристик в режиме охлаждения и нагрева были построены сравнительные циклы в P-h координатах (рисунок 2).

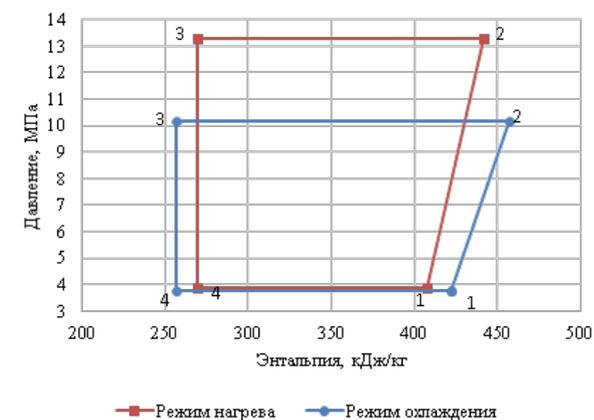


Рисунок 2 – Термодинамические циклы

На основе экспериментальных данных при различных значениях температуры теплоносителя были построены зависимости тепловой нагрузки на испаритель, мощности компрессора в режимах охлаждения и нагрева представленные на рисунках 3 и 4.

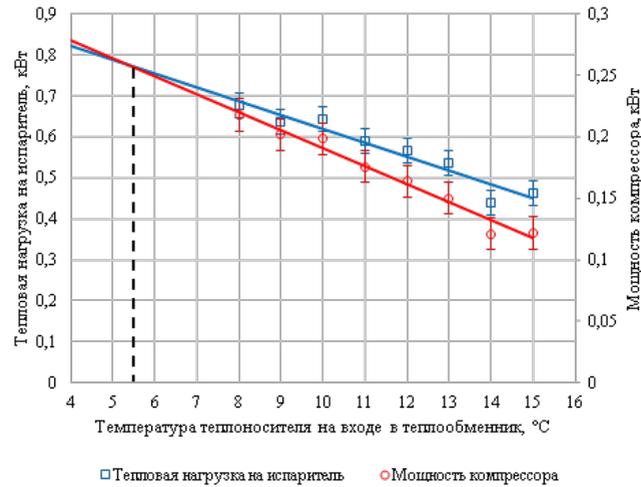


Рисунок 3 – Тепловая нагрузка на испаритель и мощность компрессора для режима охлаждения

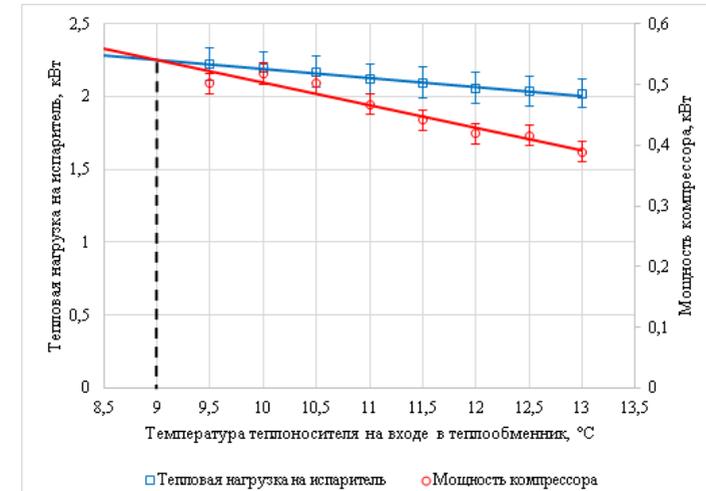


Рисунок 4 – Тепловая нагрузка на испаритель и мощность компрессора для режима нагрева

Зависимость холодильного коэффициента от температуры теплоносителя представлена на рисунке 5. Холодильный коэффициент показывает, насколько эффективно устройство использует электрическую энергию для передачи тепла.

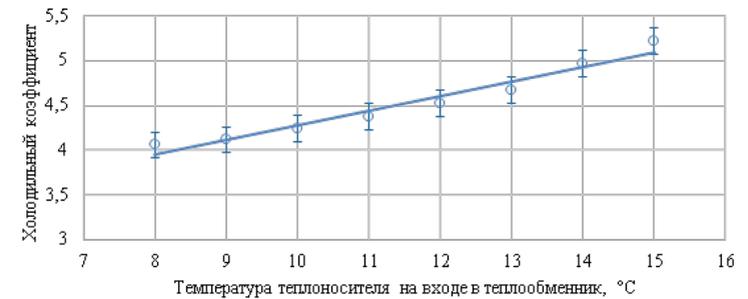


Рисунок 5 – Зависимость холодильного коэффициента от температуры теплоносителя

Коэффициент трансформации равен отношению полезного тепла, отдаваемого потребителю, к энергии, затрачиваемой на работу теплового насоса. На рисунке 6 приведена зависимость

коэффициента трансформации от температуры теплоносителя на выходе из теплообменника.



Рисунок 6 – Зависимость коэффициента трансформации от температуры теплоносителя

Обсуждение научных результатов

При одинаковой температуре кипения существует связь между формой и площадью цикла, т. е. работой цикла (рисунок 2). Так, для режима нагрева площадь цикла больше, чем для режима охлаждения, что характеризует большую работу цикла в режиме теплового насоса.

Из анализа графика (рисунок 3) с учетом прогноза характера изменения показателей видно, что тепловая нагрузка на испаритель и мощность компрессора растут с уменьшением температуры. При температуре теплоносителя на входе в теплообменник 5,5 оС наблюдается пересечение данных зависимостей, что означает оптимальное соотношение между холодопроизводительностью испарителя и мощностью компрессора.

В результате математической обработки были получены аналитические зависимости в режиме охлаждения для тепловой нагрузки на испаритель и мощности компрессора:

$$Q_{и} = -0,0335t_{н1} + 0,9545$$

Формула 1 – Аналитическая зависимость для тепловой нагрузки на испаритель в режиме охлаждения

$$N^{охл} = -0,0147t_{н1} + 0,3375$$

Формула 2 – Аналитическая зависимость мощности компрессора в режиме охлаждения.

При анализе графика зависимости на рисунке 4 с учетом прогноза также наблюдается увеличение тепловой мощности конденсатора и мощности компрессора с понижением температуры. Точка пересечения данных зависимостей соотносится с температурой 9 оС и это аналогичная балансовая точка для режима нагрева, где тепловая нагрузка на конденсатор оптимальна с мощностью компрессора.

В результате математической обработки были получены аналитические зависимости в режиме нагрева для тепловой нагрузки на испаритель и мощности компрессора:

$$Q_{и} = -0,0613t_{н1} + 2,8047$$

Формула 3 – Аналитическая зависимость для тепловой нагрузки на испаритель в режиме нагрева

$$N_{км}^{нагрев} = -0,0375t_{н1} + 0,8784$$

Формула 4 – Аналитическая зависимость мощности компрессора в режиме нагрева

На рисунках 5 и 6 видно, что с увеличением температуры наблюдается рост как холодильного коэффициента, так и коэффициента трансформации. При этом холодильный коэффициент находится в диапазоне от 4,06 до 5,22, а коэффициент трансформации – от 6,4 до 7,8.

В результате математической обработки были получены аналитические зависимости холодильного коэффициента и коэффициента трансформации относительно температуры теплоносителя на входе в теплообменник для режима охлаждения и нагрева:

$$COP^{охл} = 0,1644t_{н1} + 2,6334$$

Формула 5 – Аналитическая зависимость холодильного коэффициента относительно температуры теплоносителя на входе в теплообменник

$$COP = 0,4065t_{н1} + 2,4094$$

Формула 6 – Аналитическая зависимость коэффициента трансформации относительно температуры теплоносителя на входе в теплообменник

Величина достоверности аппроксимации всех полученных линий составила свыше 0,95.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено:

– в режиме нагрева холодильная система работает более эффективно.

– оптимальная температура теплоносителя для режима охлаждения составляет 5,5 °С.

– оптимальная температура теплоносителя для режима нагрева составляет 9 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1 R.A. Gaggioli, Available energy and exergy, Internat. J. Appl. Thermodyn. 1 (1–4) (1998) 1–8.

2 A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1988.

3 Rabah Gomri, Riad Hakimi, Second law analysis of double effect vapour absorption cooler system, Energy Conversion and Management, Volume 49, Issue 11, 2008, Pages 3343-3348

4 S Aprhornratana, I.W Eames, Thermodynamic analysis of absorption refrigeration cycles using the second law of thermodynamics method, International Journal of Refrigeration, Volume 18, Issue 4, 1995, Pages 244-252.

5 Alexandros Arsalis, Andreas Alexandrou, Thermoeconomic modeling and exergy analysis of a decentralized liquefied natural gas-fueled combined-cooling–heating-and-power plant, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 21, 2014, Pages 198-222

6 Y. Li, R. Hu Exergy-analysis based comparative study of absorption refrigeration and electric compression refrigeration in CCHP systems // Applied Thermal Engineering. - 2016. - №93. - С. 1228-1237.

7 Teplovizionnye obsledovaniya // elektrolab.ru URL: elektrolab.ru/services/teplovizionnye-obsledovaniya (data obrashcheniya: 18.01.2025).

8 Sistemno-strukturnyj analiz ciklov holodil'nyh mashin i teplonasosnyh ustanovok // journals.uran.ua URL: journals.uran.ua/jme/article/view/57508 (data obrashcheniya: 18.01.2025).

9 Lazarenko O. O., Galimova L. V. Analiz i upravlenie energoeffektivnost'yu absorbcionnyh bromistolitievnyh holodil'nyh mashin na osnove ispol'zovaniya eksergicheskogo podhoda i imitacionnogo modelirovaniya // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. - 19.02.2014. - №25. - S. 70-80.

10 O. Kara, K. Ulgen, A. Hepbasli Exergetic assessment of direct-expansion solar-assisted heat pump systems: Review and modeling // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2008. - №12. - С. 1383-1401.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЛОВ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

НИКИФОРОВ А. С.

профессор, PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

МАРШАЛ Н. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Поверхность нагрева котлов - это один из важнейших элементов теплотехнического оборудования, от которого зависит эффективность теплообмена между топливом и теплоносителем. В условиях растущих требований к энергосбережению, экологической безопасности и экономичности эксплуатация устаревших технологий становится нецелесообразной. Современные разработки в области материаловедения, конструктивных решений и систем управления котлами позволяют значительно повысить их КПД и снизить воздействие на окружающую среду.

В этой статье рассматриваются современные достижения в области технологий поверхностей нагрева котлов, их практическое применение и перспективы дальнейшего развития.

1. Значение поверхности нагрева в работе котлов

Поверхность нагрева определяет, сколько тепла от продуктов сгорания топлива может быть передано теплоносителю за единицу времени. В промышленных котлах теплообмен осуществляется в следующих зонах:

- Топочная поверхность – здесь происходит основной теплообмен за счет излучения от факела сгорания топлива;
- Конвективная поверхность – передача тепла осуществляется в результате конвекции горячих газов;
- Экономайзеры и воздухоподогреватели - использование остаточного тепла для подогрева воды или воздуха.

В водотрубных котлах для ТЭС площадь поверхности нагрева может достигать нескольких тысяч квадратных метров. Это позволяет эффективно использовать тепло сгорания угля или газа, обеспечивая высокий КПД (более 90 %) [1].

Факторы, влияющие на эффективность:

- Толщина и теплопроводность стенок труб;
- Скорость движения продуктов сгорания и теплоносителя;
- Наличие отложений, накипи и загрязнений на поверхности

теплообмена [1].

2. Современные технологии и материалы для поверхностей нагрева

2.1 Использование высокоэффективных сплавов

Для работы в условиях высоких температур (до 700 °С) и агрессивных сред используются жаростойкие и коррозионно-стойкие сплавы:

- Аустенитные и Ферритные сплавы на основе хрома и никеля;
- Инконель (Inconel 625, 718) - устойчив к экстремальным температурам и коррозии;

• Материалы с добавлением молибдена для повышения устойчивости к кислотным средам.

На современных электростанциях с паровыми котлами сверхкритического давления применяются никелевые сплавы, выдерживающие давление свыше 25 МПа и температуру до 620 °С. Это позволяет достичь более высокого КПД [2].

2.2 Нанотехнологии и защитные покрытия

Для повышения устойчивости к коррозии и отложениям применяются наноструктурированные покрытия:

- Керамические покрытия на основе оксидов алюминия и циркония увеличивают срок службы труб;
- Антиобрастающие покрытия на основе наночастиц предотвращают образование накипи;
- Плазменное напыление для создания термостойких слоев на поверхности нагрева.

В котлах, работающих на биомассе, активно применяются покрытия на основе хрома и алюминия для защиты от коррозии, вызванной агрессивными соединениями серы и хлора [3].

2.3 Инновационные конструкции теплообменных поверхностей

• Оребренные трубы увеличивают площадь теплообмена до 2–3 раз без увеличения габаритов котла.

• Спиральные (геликоидальные) теплообменники обеспечивают более равномерное распределение тепла и снижают вероятность образования отложений.

• Вихревые вставки (турбулизаторы) создают турбулентные потоки газа, что увеличивает коэффициент теплоотдачи.

В промышленных котлах компании GE Power применяются сложные оребренные теплообменные поверхности, которые повышают эффективность конвективной части на 20-30 % по сравнению с традиционными конструкциями [4].

3. Энергосберегающие технологии

3.1 Конденсационные котлы

Конденсационные технологии позволяют извлекать дополнительную теплоту из пара, содержащегося в продуктах сгорания. Преимущества:

- Повышение КПД до 108-110 %;
- Снижение выбросов CO₂;
- Уменьшение расхода топлива на 15-20 %.

В отопительных системах зданий в Европе широко применяются конденсационные газовые котлы, такие как Viessmann Vitodens 200-W, достигающие КПД 109 % [5].

3.2 Утилизация тепла отходящих газов

Системы утилизации включают:

- Экономайзеры для подогрева питательной воды;
- Воздухонагреватели для повышения температуры воздуха, поступающего в топку;
- Рекуператоры и регенераторы для возврата тепла в систему.

На нефтеперерабатывающих заводах утилизация тепла отходящих газов позволяет снизить потребление топлива на 10-15%, что существенно сокращает затраты на энергоносители [6].

4. Перспективы развития технологий поверхностей нагрева

4.1 Аддитивные технологии (3D-печать)

3D-печать металлов позволяет создавать сложные теплообменные конструкции с минимальными потерями материала и улучшенными характеристиками.

Компании Siemens и GE используют 3D-печать для производства компонентов турбин и котлов, что позволяет сократить вес конструкции и повысить эффективность теплообмена [7].

4.2 Интеллектуальные системы мониторинга

Использование датчиков и технологий Интернета вещей (IoT) для мониторинга состояния поверхностей нагрева в режиме реального времени:

- Контроль температуры, давления и коррозии;
- Прогнозирование технического обслуживания.

На ТЭС в Дании применяется интеллектуальная система мониторинга котлов с использованием датчиков вибрации и

температуры, что позволяет заблаговременно выявлять дефекты и предотвращать аварии [8].

4.3 Композитные материалы нового поколения

Использование углеродных и керамических композитов с высокой теплопроводностью и устойчивостью к экстремальным условиям.

В исследовательских проектах, таких как Clean Energy Advanced Manufacturing Project, разрабатываются композитные материалы для котлов, работающих на водородном топливе [9].

Поверхность нагрева является важнейшим элементом, определяющим эффективность работы котлов. Современные технологии - от новых материалов до интеллектуальных систем мониторинга — позволяют значительно повысить КПД, снизить эксплуатационные расходы и продлить срок службы оборудования. В будущем можно ожидать дальнейшего развития в области использования композитов, аддитивных технологий и цифровизации процессов, что откроет новые горизонты для энергетической отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ковалев М.С., Ковалева Т.П., Чиж В.А. Современные способы очистки и пассивации поверхностей нагрева котлов. [Электронный ресурс]. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/34960/Sovremennye_sposoby_ochistki_i_passivacii_poverhnoстей_nagreva_kotlov.pdf;jsessionid=7C95D4E9CCEBEB7E5B454F64D409F176?sequence=1

2 Статья: Дополнительные поверхности нагрева. [Электронный ресурс]. – URL: https://farvater.gumrf.ru/pluginfile.php/108507/mod_resource/content/1/9.%20Конспект%20Хвостовые%20поверхности%20котлов%202020.pdf

3 Статья: Поверхности нагрева котлов: новые технологии. [Электронный ресурс]. – URL: <https://uralkmz.ru>

4 Статья: Эксплуатация современных котлов и их подключение к сети отопления и ГВС. [Электронный ресурс]. – URL: <https://boilerroom.ru>

5 Статья: Трубы поверхностей нагрева. [Электронный ресурс]. – URL: <https://teplotehprom.webflow.io/truby-poverhnoстей-nagreva?lng=ru>

6 Статья: Дополнительные поверхности нагрева паровых котлов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sudoremont.blogspot.com/2014/04/nagrev-kotlov.html?m=1>

7 ОРГЭНЕРГОСТРОЙ. Инструкция по монтажу поверхностей нагрева паровых котлов производительностью от 75т. и выше. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294817/4294817625.pdf>

8 Статья: Поверхности нагрева парового котла. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tesiaes.ru/?p=8866>

9 Статья: Очистка наружных поверхностей нагрева. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.boiler-equipment.kz/cleaning-exterior-surfaces-heat.html>

ҮЗДІК ҚОЛЖЕТІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҚТАРЫН ГАЗҒА КӨШІРУ

ОЛЖАБАЕВА К. С.

PhD, доцент, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

РАСМУХАМЕТОВА А. С.

PhD, қауымд. профессор, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Алматыда ауаның ластануының жоғары деңгейі байқалады, оған қаланың энергетикалық кешені айтарлықтай үлес қосады [1, 2]. 2014 жылы қала шекаралары кеңейгеннен кейін, ЖЭО-2 стационарлық нысандардың барлық шығындыларының 68 %-не жауап беретін негізгі стационарлық шығарындылар көздерінің біріне айналды. Қаладағы экологиялық жағдай барған сайын күрделі болып келеді және ЖЭО-2 шығарындыларын едәуір азайту үшін жедел шешім қажет, ол ЖЭО-1 және БЖК-мен бірге жылумен қамтамасыз ететін негізгі энергия көзі ретінде маңызды рөл атқарады.

ЖЭО-3 қала сыртында орналасқанымен, бұл аймақтың экологиялық жағдайына да әсер етеді. Сондықтан электр энергиясымен және жылумен сенімді жабдықтауды сақтай отырып, оның қоршаған ортаға әсерін едәуір төмендететін шешімдерді іздеу қажет. Экологиялық проблемаларды шешудің ұсынылған нұсқаларының бірі – ЖЭО-2-ні және ЖЭО-3-ті газға ауыстыру.

Қазіргі уақытта Өтеген Батыр кентінде жылумен жабдықтау бойынша қызметтерді екі ұйым ұсынады: – Жылу және электр энергиясын өндірумен айналысатын «Алматы Электр Станциялары» АҚ («АлЭС» АҚ) тиесілі ЖЭО-3. Кентте жылу энергиясы мен ыстық суды беруге, таратуға және өткізуге, сондай-ақ қызмет көрсетуге және тасымалдауға жауапты «жылу желілері» ЖШС.

ЖЭО-3-тің жабдығы 55-60 жыл жұмыс істеді және ескіруге және сенімділік пен қауіпсіздіктің заманауи стандарттарын сақтау қажеттілігіне байланысты ауыстыруды қажет етеді. Кенттің ыстық сумен жабдықтау жүйесі ашық, жылу желісінің температуралық кестесі 95/70°C. ЖЭО-3-тің жылу кестесі бойынша жұмыс істейді, жылуды да, электр энергиясын да өндіреді, қажеттілікке байланысты қосымша электр энергиясын өндіреді.

Қазіргі уақытта ЖЭО-3 қуаты кенттің жылу қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін жеткілікті және жаңа тұтынушыларды қосу үшін резерв бар. Техникалық-экономикалық негіздеме (ТЭН) жобасының негізгі міндеті ЖЭО-3 – ті жаңғырту, оның қуатын 173 МВт-тан 450 МВт-қа дейін ұлғайту және табиғи газда, ал болашақта-сутекте озық технологияларды қолдана отырып, маневрлік жұмыс режиміне көшу болып табылады. Станция Микропроцессорлық техника негізінде заманауи басқару жүйелерімен жабдыкталатын болады.

Қолданыстағы бу турбиналық Жабдықты жалпы қуаты 450 МВт неғұрлым икемді бу-газ қондырғыларына кезең-кезеңімен ауыстыра отырып, ЖЭО-3-ті жаңғырту жоспарлануда, олар аралас циклде жұмыс істейтін және тұтынушыларды ыстық су түріндегі жылумен қамтамасыз ететін болады.

Техникалық-экономикалық негіздеме (ТЭН) шеңберінде әртүрлі қуаттылықтағы және конфигурациядағы (бір блокты және екі блокты ПМУ) заманауи газ турбины қондырғыларды (ГТҚ) пайдалана отырып, ЖЭО-3-ті қайта құрудың әртүрлі нұсқалары қаралды. Негізгі мақсат - станцияның электр және жылу қажеттіліктерін жабуға, сондай-ақ жобаны қолданыстағы бос жерлерде жүзеге асыруға мүмкіндік беретін оңтайлы шешімді таңдау.

Бұл ретте жаңа қуаттарды іске қосу жаңа қондырғылар іске қосылғаннан кейін бөлшектелетін ағымдағы жабдықтың жұмысын бұзбауға тиіс. ЖЭО-3-ті қайта құру газ турбиналық қондырғыларды пайдалана отырып, қазіргі заманғы бу – газ технологиялары

базасында станцияны – немесе іс жүзінде таза отын-табиғи газбен жаңа станция салуды көздейді.

Техникалық тапсырмаға сәйкес ЖЭО-3-ті қайта құру ТЭН қазіргі уақытта байқалатын қоршаған орта компоненттеріне ЖЭО-3-тің әсерін барынша азайтуға мүмкіндік беретін ең үздік қолжетімді технологияларды енгізу негізінде орындалды.

ЖЭО-3 және оның объектілерінің қолданыстағы аумағында қайта құру көзделеді, жер мен топыраққа әсері жоқ. Техногендік (газдың жарылуы, булану өрісі бөгеттерінің тұтастығының бұзылуы) және табиғи сипаттағы (жер сілкінісі) авариялық жағдайлар кезеңінде қоршаған ортаға қысқа мерзімді әсер ету жоққа шығарылмайды. Қоршаған ортаға жанама әсер өндірістік ағынды суларды булану алаңына бұрумен байланысты, онда жер асты сулары мен оның орналасқан жеріндегі топырақтың ластануына әсер етуі мүмкін. Экспозиция ұзаққа созылады, булану алаңының қызмет ету мерзімімен байланысты, электр станциясының қызмет ету мерзіміне тең, булану алаңының аумағымен және оның санитарлық-қорғаныс аймағымен шектеледі.

Электр станциясының құрылысы кезінде қоршаған ортаның барлық компоненттеріне әсер етуі мүмкін: ауаның ластануы, жанар-жағармай материалдарын пайдалану кезінде топырақ пен су ресурстарының ластануына әсері, шу әсері, діріл. Құрылыс жұмыстары өндірістік алаң шегінде жүзеге асырылады. Олардың ұзақтығы және қоршаған ортаға әсер ету қарқындылығы жұмыс кестесімен байланысты және құрылыс кезеңімен шектеледі. Әсер ету ауқымы - ол құрылыс жүзеге асырылатын ЖЭО-3 өнеркәсіптік алаңының аумағы. Әрі қарай қоршаған ортаға әсерді бағалау нәтижелері келтірілген.

Аймақ пен жалпы ел үшін экологиялық жағдайды жақсартуға арналған іс-шаралар

Жылу мен электр энергиясын құрамдастырылған өндіру негізінде табиғи газбен ЖЭО-3-ті реконструкциялау жөніндегі жобаны іске асыру кент ауқымында ғана емес, Алматы облысы ауқымында да қоршаған ортаға әсерді қысқартуға ықпал ететін болады. Ішкі нарықта қазіргі уақытта республиканың солтүстік өңірлерінен алынатын электр энергиясын беретін қосымша электр энергиясы өндірілетін болады. Жылу мен электр энергиясын біріктіріп өндірудің энергия үнемдеу технологиясы өндірілген өнім бірлігіне атмосфераға ластаушы заттар мен парниктік газдар шығарындыларын едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

Пайда болған кезде қоршаған ортаның компоненттеріне әсер етуі мүмкін электр станциясындағы авариялық жағдайлардың көздері:

1) мыналарды қамтитын газбен жабдықтау объектілері:

- сыртқы газбен жабдықтау-газ құбыры;
- газ дайындау пункті;
- ЖЭО-3 алаңындағы ППП-дан бас корпусқа дейінгі газ құбырлары;
- ішкі газбен жабдықтау.

2) ағынды суларды қабылдауға арналған булану алаңы. Төтенше жағдайдың ықтимал сценарийі-бөгеттің жарылуы және ағынды сулардың қоршаған орта бетіне ағуы.

3) жобада тәуекелді төмендету жөніндегі негізгі іс-шаралар пайдалану жағдайларында тексерілген сенімді жабдықты, сондай-ақ шығарындыларға мониторинг жүргізудің автоматтандырылған жүйесін қоса алғанда, технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесін (БАЖҚЖ) пайдалану болып табылады. Жүйе жабдықтың барлық пайдалану режимдерінде, соның ішінде іске қосу және тоқтату, техникалық қызмет көрсету және жөндеу процестерінде отын-көлік шаруашылығын қоса алғанда, технологиялық процестерді бақылау мен басқаруды автоматтандыру міндеттерін шешуге арналған.

4) ППАБЖ (АСУТП) технологиялық қорғау мен бұғаттаудың кіші жүйесін қамтиды. Ішкі жүйе жұмыс параметрлері қабылданбаған кезде жабдықты автоматты түрде өшіруге арналған. Жүйе төтенше жағдайдың дамуына жол бермейді және персоналды, технологиялық жабдықты және қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз етеді.

5) қолданыстағы газ турбиналары жану камерасының түріне байланысты табиғи газбен араласқан сутектің 30 % - не дейін жағуы мүмкін.

6) GTU 9E GE қазіргі уақытта DLN камерасымен 5–32 % күйдіре алады. Қосымша инвестиция жоқ.

7) STD бар GTU 9E GE (дымқыл камера) 95–100 % дейін күйдіре алады.

8) SGT5-2000E Siemens ГТҚ сутекті дайындау және беру үшін қажетті жүйелерді, оның ішінде ГТҚ-ға сутекті беру модулін жеткізе отырып, ГТҚ-ны қайта құрусыз жанатын отын көлемінің 30% - на дейін сутекті жағуды қамтамасыз етеді.

9) Бұл ретте CO₂ шығарындыларын 11 %-ға дейін төмендету қамтамасыз етіледі.

Қазіргі заманғы стандарттарға сәйкес тұрғын үйлерде жылу жайлылығын қамтамасыз ету маңызды әлеуметтік міндет болып табылады, ол жылу энергиясының қажеттіліктерін қанағаттандыруға және жылу желілерінің өткізу қабілеттілігін жеңуге қабілетті тиімді және экологиялық қауіпсіз орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінің (ОЖЖ) болуын талап етеді.

Алматы үшін континенттік климаты мен қысы қатал (жылытуға арналған сыртқы ауаның есептік температурасы минус 20,1°C), сенімді жылумен жабдықтау әлеуметтік маңызы бар міндетке айналады. Қуаты 550 МВт-қа дейінгі маневрлік электр станциясын салудың қолайлы нұсқасын таңдау үшін экологиялық тазалық пен жоғары тиімділікті біріктіретін заманауи технологиялар қарастырылуда. Олар жылдам іске қосу, электр қуатын жедел жинау, реттеудің белгіленген диапазонында тұрақты жұмыс істеу, сондай-ақ табиғи газды пайдалану кезінде зиянды заттардың шығарындыларын азайту жөніндегі талаптарды қанағаттандыруы тиіс.

Маневрлік қуаттар үшін ең қолайлы-газ турбинасы және бу-газ электр станциялары, сондай-ақ жүктеменің ауытқуына тез жауап бере алатын және жаңартылатын энергия көздерінің тұрақсыздығын өтей алатын гидроэлектростанциялар. Бұл қондырғылар көмірге қарағанда артықшылыққа ие, өйткені олар электр желісіне бірнеше минут ішінде қуат бере алады: газ турбиналары – 15–20 минут, ал гидроэлектростанциялар — 2 минуттан аз уақыт ішінде.

Газ поршенді қондырғылар өздерінің артықшылықтарына қарамастан, шектеулі қуаттылығына (20 МВт-қа дейін), шығарындылардың жоғары деңгейіне және айтарлықтай шығындарға байланысты бұл жоба үшін қарастырылмайды. Табиғи газбен жұмыс істеудің ең тиімді және кең таралған технологиясы-бу-газ қондырғысы. Ол отын ресурстарын пайдаланудың жоғары дәрежесін ғана емес, сонымен қатар қатаң экологиялық және техникалық талаптарға сәйкес келеді. Қуаты 400–530 МВт болатын мұндай қондырғылардың тиімділігі 48–57 % құрайды, ал қуатты ГТУ үшін бұл көрсеткіш 57–63 % жетеді [3].

Бұл жоғары тиімділік деңгейі газдың жоғары параметрлерімен және пайдаланылған газдардың жылуын жоюмен байланысты. Экономикалық тиімді болуымен қатар, аралас циклді газ қондырғылары шығарындыларға қатысты қатаң талаптарға да жауап береді. Атап айтқанда, оларды пайдалану кезінде азот оксидтерінің (NO_x) шығарындылары ≤30-50 мг/Нм³-ді құрайды,

бұл стандартты шығарындылары ≤ 125 мг/Нм³-ді болатын бу электр станцияларының дәстүрлі қазандықтарымен салыстырғанда айтарлықтай төмен.

Осылайша, қазіргі заманғы бу-газ технологияларын қолдана отырып, газды жылу электр станцияларын салу ең ұтымды шешім болып табылады. Бұл тиімділікке 50 %-тен жоғары қол жеткізуге, сондай-ақ жылу мен электр энергиясын аралас өндіру кезінде отынды пайдалану коэффициентін 80-85 %-ке дейін арттыруға мүмкіндік береді. ЖЭО-2 және ЖЭО-3-ті газға ауыстырудан басқа, «АТКЕ» ЖШС-ні жаңғыртуды да қарастырған жөн.

Жаңартудан кейін ірі қазандықтар жылумен жабдықтау үшін ғана емес, табиғи газды жағу арқылы жылу тұтыну негізінде электр энергиясын өндіре алады. Қазіргі жағдайда бұл «АТКЕ» ЖШС тек жылу ғана емес, сонымен қатар электр энергиясын өндіруге мүмкіндік беретін кәдеге жарату қазандықтары бар газ турбиналарын орнату арқылы жүзеге асырылады. Бұл энергиямен жабдықтаудың экономикалық тиімділігі мен сенімділігін арттырады.

Алматыда заманауи экологиялық таза және технологиялық жағынан озық шешімдер негізінде орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесін дамыту маңызды әлеуметтік мәнге ие:

- Тұтынушылар ЖЭО-да өндірілген жылуды өндірістің аралас әдісі арқылы жоғары тиімділікпен алады.

- Орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесін нығайту атмосфераның ластануын азайтуға ықпал ететін көп қабатты аудандарда көптеген автономды жылу көздерін құру қажеттілігін жояды.

- Жаңа энергетикалық нысандарды салу және пайдалану жұмыспен қамту мәселесін ішінара шешеді, өйткені құрылыс, монтаждау және инженерия мамандары сұранысқа ие болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю., Вольчин И.А. Пути модернизации и реконструкции пылеугольных котлоагрегатов тепловых электростанций//Новини энергетике. – 2000. – № 4. – С.38–40.

2 Кибарин А.А. Огай В.Д., Торгаев А., Галиев Р.А. К вопросу о переводе Алматинской ТЭЦ-2 АО «АлЭС» на газ//В кн.: Экология в энергетике. - Москва: ВТИ, 2019. - С. 57-62.

3 Коробков М.С., Бахтыбаева Г.К., Олжабаев М.С. Возможности снижения негативного влияния ТЭЦ-2 АО «АлЭС» на экологию

г. Алматы при работе по тепловому графику// OPEN INNOVATION: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – С.27-32.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

ПРИХОДЬКО Е. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
БЕР Э. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Классификация факторов эксплуатации на ТЭЦ

Эксплуатация теплоэнергетического оборудования на тепловых электростанциях (ТЭЦ) представляет собой многогранный процесс, эффективность которого определяется влиянием разнообразных факторов. Эти факторы, будучи разной природы, могут быть объединены в группы для более систематического анализа. Понимание их классификации позволяет разрабатывать меры по увеличению срока службы оборудования, снижению аварийности и повышению общей эффективности работы ТЭЦ. Ниже представлены основные категории факторов, влияющих на эксплуатацию теплоэнергетического оборудования. [1]

Внутренние эксплуатационные факторы:

1. Температурные нагрузки и их последствия

Работа теплоэнергетического оборудования всегда связана с воздействием высоких температур. Оборудование, такое как котлы, теплообменники и паропроводы, подвергается термическим нагрузкам, которые вызывают изменение структуры материалов. Это может приводить к снижению прочности, трещинообразованию и другим повреждениям. Часто наблюдаются термические циклы, которые ускоряют процессы усталости металлов. [2]

Например, при частых пусках и остановках оборудования температура быстро меняется, что приводит к тепловым деформациям. Такой эффект особенно заметен в сварных швах и соединительных узлах, где концентрация напряжений наиболее высока.

2. Коррозионные процессы

Коррозия является одной из ключевых проблем для теплоэнергетического оборудования. Внутренние поверхности трубопроводов и теплообменников подвергаются воздействию коррозионных сред, таких как насыщенный пар, содержащий кислород и соли. Своевременное применение антикоррозионных мер, таких как обработка теплоносителей, помогает минимизировать эти воздействия.

3. Физический износ и усталость материалов

Даже при нормальных условиях эксплуатации материалы подвержены процессам старения. Постепенное накопление повреждений снижает остаточный ресурс оборудования. Усталостное разрушение проявляется в элементах, которые подвергаются циклическим нагрузкам, и может быть предотвращено с помощью периодической диагностики. [3]

Внешние эксплуатационные факторы:

1. Природно-климатические условия

Климатические условия, такие как высокая влажность, экстремальные температуры и сильный ветер, оказывают значительное влияние на оборудование ТЭЦ. В северных регионах оборудование подвержено обледенению, а в южных — перегреву, что требует дополнительных мер защиты и адаптации.

2. Загрязнение окружающей среды

Пыль, песок и другие частицы, содержащиеся в воздухе, могут оседать на поверхностях оборудования, ухудшая теплообмен и способствуя коррозии. Для борьбы с этим применяются системы фильтрации и регулярное техническое обслуживание.

3. Механические воздействия и вибрации

Вибрации, возникающие при работе турбин, насосов и другого оборудования, приводят к усталостным разрушениям конструкций. Постоянный контроль вибраций и правильная балансировка оборудования позволяют минимизировать этот фактор.

Технологические факторы:

1. Режимы эксплуатации

Неправильный выбор режимов эксплуатации, включая перегрузки и частые остановки, может ускорить износ оборудования. Например, работа на повышенной мощности увеличивает нагрузку на узлы и агрегаты, что сокращает их срок службы.

2. Качество теплоносителей

Теплоносители, содержащие примеси, соли или накипь, увеличивают риск коррозии и ухудшают теплообмен. Применение методов водоподготовки, таких как обессоливание и деминерализация, помогает решить эту проблему. [4]

3. Неправильное обслуживание и ремонт

Несвоевременные или некачественные ремонтные работы могут привести к аварийным ситуациям. Современные методы диагностики, включая ультразвуковую дефектоскопию и тепловизионный контроль, позволяют выявлять повреждения до их критического состояния. [5]

Влияния условий эксплуатации на оборудование

Оборудование на ТЭЦ подвергается воздействию множества факторов, которые определяют его надежность, эффективность и долговечность. Условия эксплуатации оборудования на ТЭЦ требуют особого внимания, так как несоответствие условий техническим требованиям может привести к авариям, снижению производительности и значительным финансовым потерям. [6]

1. Технологические и эксплуатационные факторы:

На ТЭЦ оборудование работает в условиях повышенных нагрузок, что связано с характером производимых процессов. К основным эксплуатационным факторам можно отнести:

Температурные нагрузки. Тепловые машины и теплообменные аппараты на ТЭЦ работают при высоких температурах, что вызывает тепловое расширение материалов. Постоянные температурные перепады создают риск образования трещин и деформаций.

Давление. Оборудование, работающее под высоким давлением, подвергается дополнительным механическим нагрузкам. Несоблюдение нормативов может привести к разрушению конструкций.

Агрессивная среда. Котлы, турбины и теплообменники взаимодействуют с водой, паром и химическими веществами, которые могут содержать примеси, способствующие коррозии.

Для минимизации негативных последствий необходимо строго соблюдать регламент обслуживания, применять материалы с высокой стойкостью к тепловым и механическим нагрузкам, а также использовать системы автоматического контроля параметров работы оборудования. [6]

2. Коррозионные процессы:

Коррозия является одной из наиболее распространенных причин выхода оборудования из строя на ТЭЦ. Химический состав

теплоносителей, такие как пар или вода, оказывает существенное влияние на интенсивность коррозионных процессов.

Накипь и отложения. При использовании воды с высоким содержанием растворенных солей на внутренних поверхностях трубопроводов и котлов образуется накипь. Это снижает эффективность теплопередачи и вызывает перегрев оборудования.

Гальваническая коррозия. Возникает в результате взаимодействия различных металлов, используемых в конструкции. [6]

Воздействие аварийных ситуаций:

Аварии на ТЭЦ могут быть вызваны как внешними факторами, так и внутренними неисправностями оборудования. Они не только снижают производительность, но и увеличивают эксплуатационные затраты из-за необходимости проведения внепланового ремонта.

К причинам аварий можно отнести:

Разрушение трубопроводов из-за коррозии.

Поломки турбин из-за вибрации или неправильного обслуживания.

Отказы в системах управления, вызванные человеческими ошибками или техническими сбоями.

Предотвращение аварий возможно за счет регулярного мониторинга состояния оборудования, своевременного ремонта и модернизации устаревших систем.

Механизмы износа оборудования

1. Механический износ

Механический износ возникает в результате взаимодействия движущихся частей оборудования, особенно в условиях высокой нагрузки. Основные виды механического износа включают:

Абразивный износ. Возникает при трении металлических поверхностей о твердые частицы, такие как зола или шлак. Часто наблюдается в дымососах, золоуловителях и системах подачи топлива.

Усталостный износ. Проявляется при длительных циклических нагрузках. Постоянное воздействие вибраций и изменений давления приводит к образованию микротрещин и их развитию.

Регулярная диагностика и использование защитных покрытий позволяют уменьшить механический износ.

2. Коррозионный износ

Коррозия является одной из главных причин выхода оборудования из строя. Виды коррозионного износа включают:

Общая коррозия. Равномерное разрушение поверхности под воздействием агрессивной среды, например, из-за контакта с химически активной водой.

Межкристаллитная коррозия. Разрушение происходит по границам зерен металла, что ослабляет его структуру.

Коррозионно-механическое разрушение. Включает коррозионное растрескивание и износ, вызванный сочетанием химических и механических факторов.

Эффективным способом борьбы с коррозией является использование коррозионноустойчивых материалов, химической обработки воды и защитных покрытий.

3. Тепловой износ

Тепловой износ связан с постоянным воздействием высоких температур. Основные аспекты теплового износа:

Термическая усталость. Возникает из-за циклических изменений температуры, что вызывает образование трещин.

Ползучесть материалов. Постепенная деформация материалов под длительным воздействием высокой температуры. Наиболее подвержены ползучести котлы и трубопроводы высокого давления.

Снижение теплового износа достигается за счет точного контроля температурного режима и применения жаропрочных материалов.

4. Физико-химический износ теплоизоляции

Теплоизоляционные материалы также подвержены износу под воздействием температуры, влажности и химически активных веществ. Деформация и разрушение теплоизоляции приводят к увеличению теплопотерь и снижению эффективности работы оборудования.

Регулярное обновление теплоизоляции и использование материалов с высокой устойчивостью к внешним воздействиям позволяют продлить срок службы оборудования.

5. Особенности влияния аварийных ситуаций

Аварии на ТЭЦ вызывают мгновенные и необратимые разрушения оборудования. Высокие нагрузки, резкое изменение давления и температуры усиливают износ. Аварии также способствуют развитию вторичных процессов разрушения, таких как коррозия и усталость.

Износ оборудования на ТЭЦ – сложный многофакторный процесс, включающий механические, химические и тепловые компоненты. Для обеспечения долговечности и надежности

оборудования необходим комплексный подход, включающий регулярный мониторинг, своевременное обслуживание, модернизацию систем и применение современных материалов. Это позволит минимизировать эксплуатационные затраты и предотвратить аварийные ситуации.

Диагностика остаточного ресурса с помощью методов неразрушающего контроля

Современные методы диагностики оборудования теплоэлектростанций (ТЭС) направлены на определение остаточного ресурса работы без нарушения целостности конструктивных элементов. Использование методов неразрушающего контроля (НК) позволяет оперативно выявлять дефекты и прогнозировать надежность оборудования, что минимизирует риск аварийных ситуаций и снижает эксплуатационные затраты.

Цели диагностики остаточного ресурса оборудования

Диагностика остаточного ресурса оборудования на ТЭС включает следующие задачи:

Выявление дефектов. Поиск трещин, коррозии, износа, эрозии и других повреждений.

Прогнозирование остаточного ресурса. Определение срока безопасной эксплуатации оборудования.

Профилактика аварий. Своевременное принятие мер по ремонту или замене оборудования.

Снижение затрат. Оптимизация графиков обслуживания и ремонта.

Основные методы неразрушающего контроля:

Ультразвуковой контроль (УЗК):

Основан на использовании ультразвуковых волн для обнаружения дефектов в металлах и сварных соединениях.

Позволяет определить глубину трещин, коррозионных повреждений и слоистых дефектов.

Применяется для диагностики трубопроводов, котлов и теплообменников.

Магнитный контроль:

Используется для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов в ферромагнитных материалах.

Эффективен при обнаружении трещин, вызванных коррозией или усталостным износом.

Применяется к теплообменникам, корпусам котлов и другим металлическим конструкциям.

Безопасность. Методы НК не требуют разборки или остановки оборудования, что позволяет проводить диагностику без ущерба для производственного процесса.

Высокая точность. Современные методы обеспечивают высокую степень обнаружения дефектов даже в начальной стадии их развития.

Экономичность. Использование НК снижает затраты на обслуживание за счет точной диагностики и предотвращения аварий.

Многопрофильность. Методы НК применимы к широкому спектру оборудования, включая котлы, турбины, трубопроводы и теплообменники.

Для оборудования ТЭС характерны тяжелые условия эксплуатации: высокие температуры, давление и химически активные среды. Это требует использования комплексного подхода, включающего комбинацию нескольких методов НК. Например,

Для диагностики котловых труб применяют ультразвуковой и вихревой контроль.

Для мониторинга состояния теплообменников используют тепловизионный и магнитный методы.

Состояние турбин оценивается с помощью акустической эмиссии и рентгенографического контроля.

Диагностика остаточного ресурса оборудования на ТЭС с использованием методов неразрушающего контроля — важнейший элемент обеспечения безопасности и эффективности работы станции. Современные технологии НК позволяют своевременно выявлять дефекты, прогнозировать остаточный ресурс и планировать ремонтные работы. Это не только предотвращает аварийные ситуации, но и способствует значительной экономии ресурсов. [6]

ЛИТЕРАТУРА

1 Бобровский, А. Н. Теплотехническое оборудование и его эксплуатация / А. Н. Бобровский. - М.: Энергоатомиздат, 2016. - С. 45-67.

2 Петров, И. И. Диагностика и мониторинг состояния оборудования ТЭС / И. И. Петров. - М.: Энергия, 2018. - С. 210-232.

3 Федоров, П. В. Энергоэффективность и долговечность оборудования ТЭС / П. В. Федоров. — Казань: КазГТУ, 2018. - С. 99-120.

4 Ковалев, А. Ю. Повышение эффективности эксплуатации котлов и турбин / А. Ю. Ковалев. - Челябинск: ЧГТУ, 2020. - С. 110-130.

5 Бондарев, М. В. Износ и коррозия металлов в энергетическом оборудовании / М. В. Бондарев. - Омск: ОмГТУ, 2015. - С. 50-72.

6 Федоров, П. В. Энергоэффективность и долговечность оборудования ТЭЦ / П. В. Федоров. - Казань: КазГТУ, 2018. - С. 99-120.

ГАЗТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДАҒЫ ЖАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ МЕН ТОЛЫҚТЫҒЫН АРТТЫРУ ҮШІН ОТЫНДЫ ГАЗБЕН ЖЫЛЫТУ НӘТИЖЕЛЕРІ

РИЗАБЕКОВ Б. Т.

магистрант, Сейфуллин атындағы
қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

САРАКЕШОВА Н. Н.

докторант, Сейфуллин атындағы
қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

Ағымдағы зерттеулерге жан-жақты шолу жеткізілетін компоненттердің қысымы мен температурасының жану концентрациясының шектеріне және қалыпты жану жылдамдығына әсеріне бағытталған эксперименттік және теориялық жұмыстарна шолу. [10,б.181,1074-1080] Зерттеуге ерекше назар аудару керек, ол отын температурасының газ турбиналық қондырғының жұмыс параметрлеріне шамалы әсерін көрсету үшін есептеу әдісін қолданды.

Бұл зерттеуді бірегей ететін нәрсе-ол отын газын қыздырудың газтурбиналық қозғалтқыштың жану камерасынан шығатын зиянды шығарындыларға әсерін эксперименталды түрде зерттейді. Зерттеудің жаңалығы тек газын отын қыздыру арқылы қол жеткізілетін жану камерасының газ динамикалық және геометриялық қасиеттерін өзгертпестен отынның жану тиімділігін арттырудың жаңа әдісін ұсынуда жатыр.

Газ турбины жану камераларындағы жану сапасы мен тұрақтылығын бақылаудың дәстүрлі әдістері негізінен отынның индукциялық уақытын қысқартуға және жану жылдамдығын арттыруға бағытталған [1 б. 15]. Жану процесіне физикалық әсерлерге негізделген жану әдістері олардың әсеріне отын-

ауа қоспасының температурасын өзгерту немесе артық ауа коэффициентін реттеу арқылы қол жеткізеді [2,б.27]. Ауаны да, отын газын да жану камерасына кірер алдында алдын ала қыздыру камера ішіндегі процестерге және газ турбины қозғалтқыштың жұмыс режимдеріне ерекше әсер етеді. Ауаны жылыту ыстық судың температурасына және жүйенің энергия тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді, ал отын газын қыздыру таусылған ыстық судың төменгі жану шегін ауа коэффициентінің жоғары мәндеріне қарай жылжытады.

Ауа температурасы мен отын газының жану динамикасы мен эмиссия сипаттамаларына қалай әсер ететіні туралы деректер негізінен эксперименттік зерттеулерден жиналады. Мысалы, зерттеу [3,б.331-334.] ауа температурасының жоғарылауы жану тиімділігін арттыратынын, CO және CnHm шығарындыларын едәуір төмендететінін, сонымен бірге микрогазтурбиналық қондырғының жану камерасындағы NOx шығарындыларын арттыратынын көрсететін эксперименттік нәтижелерді ұсынады. Тағы бір зерттеу [4,б.126-138] ауа температурасы 383 К-ден 483 К-ге дейін өзгертін, артық ауа коэффициенті 1,2 болатын модельдік газ турбиналық қондырғының жану камерасындағы жану сипаттамаларына ауаны жылыту мен отын құрамының әсерін зерттейді. Егер ауа температурасы 403-423 К шегінен асып кетсе, жану камерасы жалын фронтының ауқымды өзгеруіне байланысты термоакустикалық тұрақсыздыққа түсуі мүмкін екендігі анықталды. Басқа эксперименттік зерттеулер [6,б.176] [7,б.1261-1268] [8,б.1491-1506] отын-ауа қоспасының (DHW) температурасы, қысымы және құрамы қалыпты жану жылдамдығына қалай әсер ететінін көрсетеді. [7,б.176] - де эксперимент нәтижелері сандық модельдеу деректерімен салыстырылады.[9,б.23] Дизель отынының кіріс температурасының шығарындылар мен жалын сипаттамаларына әсерін зерттейді, ал зерттеу [11,б.393-397] алдын ала қыздыру кезінде ұнтақталған қатты отынның жануынан NOx шығарындылары туралы деректерді береді.

Сынақ процедурасы отынның жану сапасын көміртегі тотығы (CO) және азот оксиді (NOx) шығарындыларын екі жағдайда бағалау арқылы салыстырады: қыздырусыз жану және отынды сынақ стендінің жылытқышы қол жеткізе алатын максималды температураға дейін қыздыру.

Эксперименттік деректер инжектордың розеткаларындағы отын газының температурасы 169°С болғанын көрсетті, бұл

оттықтың кірісіндегі температура мен жану камерасының басқа аймақтарындағы температура арасындағы пропорционалдылықты бұзады. Талдаудың бастапқы режимі ретінде жоғары СО шығарындыларымен сипатталатын оттық құрылғысының нақты жұмыс режимі пайдаланылды. Бұл режимнің параметрлері 1-Кестеде көрсетілген.

1-Кестеде көрсетілген орташа жағдайларда бірқатар эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Эксперименттің сенімділігін қамтамасыз ету үшін әрбір сынақ сериясы отынның бастапқы температурасын қалпына келтіру үшін жылытуды өшірумен аяқталды. СО және NOx шығарындыларын бақылау өлшемдері келесі температураларда жүргізілді: бастапқы режимде $T_{vx} = 20$ °C, $T_{vx} = 141$ °C, ал максималды сынақ режимінде — $T_{vx} = 120$ °C. орташа сынақ нәтижелері 2-Кестеде көрсетілген. Жанармай газын жылыту мөлшері белгілі бір формула бойынша есептелді.

1 кесте – жұмысының бастапқы режимінің параметрлері.

№	Аты	(Белгілеу)	(Өлшем)	(Мән)
1	(Оттықтағы абсолютті қысым)	Pк	МПа (MPa)	0.1142
2	(Қыздырғыштың кірісіндегі ауа температурасы)	Tок	°C	257.1
3	(Ауа шығыны)	m_{ok}	кг/с (kg/s)	0.032
4	(Ауаның артық коэффициенті)	α	-	4.57
5	(Оттықтың кірісіндегі отын газының температурасы)	$T_{э,г}^{ВХ}$	°C	20.1

2 кесте – Тестілеудің орташа нәтижелері

i	(Отын газының қыздыру мәні)	(Отын газын қыздырудың салыстырмалы мәні)	(Көміртегі оксиді шығарындыларының азау дәрежесі)	(Азот оксидтерінің жоғарылау дәрежесі эмиссия)
1	0	0	0	0
2	3.66	2.551	7.094	3.981
3	7.35	5.184	13.51	6.082

2 кесте – Жалғасы.Тестілеудің орташа нәтижелері

4	15.56	10.995	20.64	9.381
5	19.45	13.767	24.85	11.454
6	23.74	16.813	27.683	12.365
7	28.01	19.864	30.601	13.443

3 кесте – Отынды қыздыру кезіндегі газ-динамикалық параметрлердің негізгі өзгерістері.

№	(Отын газын қыздыру мәні)	(қыздыру мәні)	(Инжектор саңылауларындағы отын газының Жылдамдығы, м / с)	(Орташа кадр жиілігі, м / с)	(Ағынның жылдамдығы, кг / (с · Н))	(Отынның оттықта қалу уақыты, с)
1	0	0	0.1271	2.6672	0.175 · 10 ⁻⁴	0.147
2	3.61	0.4912	0.1282	2.6701	0.175 · 10 ⁻⁴	0.146
3	7.34	1.112	0.1293	2.6704	0.175 · 10 ⁻⁴	0.146
4	15.51	1.781	0.134	2.6711	0.175 · 10 ⁻⁴	0.144
5	19.42	2.374	0.1334	2.6712	0.175 · 10 ⁻⁴	0.146
6	23.71	3.062	0.1342	2.6713	0.174 · 10 ⁻⁴	0.147
7	27	3.833	0.1352	2.6724	0.174 · 10 ⁻⁴	0.149

3-Кестедегі деректерді талдау отын газын қыздыру газ-ауа қоспасының газ-динамикалық параметрлеріне іс жүзінде ешқандай әсер етпейтінін көрсетеді. Бұл жану аймағының көлемі, жану процесіне қатысатын ауаның үлесі, жану аймағындағы отынның

тұру уақыты және т.б. сияқты жану параметрлерінің тұрақтылығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Эмпирикалық тәуелділіктер, әдетте, инженерлік жұмыс процесін модельдеу процесінде азот оксидтерінің (NOx) және көміртегі тотығының (CO) шығарындыларын есептеу үшін қолданылады. 1981 жылы Дж. Д. Льюис эксперименттік жалын деректері негізінде NOx болжау формуласын жариялады: жану аймағындағы температура тек жалынның температурасына байланысты екенін көрсетеді. Кейінірек Дж. Д. Льюис жартылай эмпирикалық формуланы ұсынды, ол жалын температурасынан басқа жану камерасындағы қысымды да ескереді.

Жанармай газын қыздырудың жанудың газ-динамикалық және эмиссиялық қасиеттеріне әсерін есептеу және эксперименттік зерттеулер келесі тұжырымдарға әкеледі

– Жанармай газын сыртқы қыздыру жанудың термо-және газ-динамикалық әрекетіне аз әсер етеді. Жанармай газын қыздырудың әрбір дәрежесі үшін отын-ауа қоспасы мен жану өнімдерінің температурасы шамамен 0,154 градусқа көтерілетіні анықталды.

– CO және NOx шығарындылары мен отын газының сыртқы қызуы арасында айтарлықтай корреляция бар. Атап айтқанда, CO шығарындылары 1,123 %-ға азаяды, ал NOx шығарындылары отын газын жылытудың әрбір дәрежесі үшін 0,53 % - ға артады.

– Нәтижелер отын шығынын немесе жану камерасының техникалық сипаттамаларына әсер етпестен, CO және NOx шығарындыларын мұқият бақылай отырып, отын газын жылыту арқылы газ турбиналық жүйелерін басқарудың жаңа тәсілін енгізуге болатынын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Уэли Хонеггер. Шығарындыларды бақылаудың параметрлік жүйесі үшін газ турбиналарының жануын модельдеу. Диссертация, 2007 ж

2 Пинакидің Досы. Қозғалтқыштың жетілдірілген қосымшалары үшін төмен температуралы жану режимдерін есептеу модельдеу және талдау. Диссертация, 2016 жыл

3 Ван, Ф.-С. Және Конг, Вэньцзюнь Және Ван, Б.-Р. Және Лао, С.-С. Және Чжан, П.-Ю. (2007). Кіріс температурасының микрогазтурбиналық жанғыштың жану сипаттамаларына әсері. Кунг Чен Чжэ Ву Ли Сюэ Пао / Инженерлік Термофизика Журналы. 28. 331-334.

4 Аэроғарыштық Ғылым және Технология, 92-Том, 2019 жылғы қыркүйек, 126-138 беттер, Аэроғарыштық Ғылым және Технология жанармайдың өзгеруі Мен кіретін ауа температурасының жану тұрақтылығына әсері Газ турбинасы үлгісіндегі жанар-Жағармай Фейер Чен Кан Руан Тао Ю Вэйвэй Цай Йебинг Мао Синцай Лу <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.05.052>

5 Уист, Х. К. Және Хейстер, Оңтүстік Каролина.. (2014). Жанармай температурасының жоғарылауымен газ турбиналарының жануын эксперименттік зерттеу. Газ Турбиналары Мен Энергетикасына Арналған Инженерия журналы. 136. 10.1115/1.4027907

6 Чжао З., Казаков А., Ли Дж., Кептіргіш Ф. л. пропан/ауаның ламинарлы жалын жылдамдығына бастапқы температура және n-2 сұйылту әсері. Жану Ғылымы және Технологиясы, 2004, том. 176(10), 1705-23 беттер, doi: 10.1080/00102200490487553

7 Натараджан Дж., Кочар Ю., Лиувен Т., Сейцман Дж. h2/CO/CO2/O2/He қоспаларының ламинарлы жалын жылдамдығының Қысымы мен алдын ала қыздыруға тәуелділігі. Жану Институтының еңбектері, 2009 ж., том. 32(1), 1261-1268 беттер, doi: 10.1016/j.proci.2008.06.110

8 Жану Және Жалын, 158-Том, 8-Шығарылым, 2011 ж. тамыз, 1491-1506 беттер жоғары қысым мен алдын ала қыздыру кезінде платина үстіндегі отын үнемдейтін H2/O2 / N2 қоспаларының Біртекті жануы Йоханнес Гермая Джон Мантзараса Рольф Бомбача Константинос Булушосб <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2010.12.025> жыл

9 Чен, Хао Және Гуо, Ци Және Чжао, Сю-и және Сю, Мэн-лонг және Ма, Ен. (2015). Жанармай Температурасының Жануға және Биодизель Шығарындыларына әсері. Энергетика Институтының журналы. 89. 10.1016/дж. джой.2015.01.024

10 Ган С., Зили Л., Чао Ю. төмен температурада және жоғары қысымда метан/ауа қоспаларының жанғыштық шектерін Эксперименттік зерттеу. Жанармай, 2016, том. 181, 1074-1080 беттер

11 Ван Т., Луо З., Вэн Х., Чен Ф., Дэн Дж., Чжао Дж., Гуо З., Лин Дж., Кан К., Ван В. жанғыш газдардың ауадағы СН 4 жарылыс сипаттамаларына Әсері. Технологиялық Салалардағы Шығындардың Алдын алу журналы, 2017, том. 49, В Бөлімі, 183-190 беттер

ЖЫЛУ ГЕНЕРАТОРЫНЫҢ МИКРОАЛАУЛЫ АЛДЫҒЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

САПАРГАЛИЕВА А. Н.
докторант, С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агртехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

Қазіргі уақытта жылу генераторлары еліміздің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылуда. Олар жеке үйлерді де, өнеркәсіптік нысандарды да жылумен және энергиямен қамтамасыз етудің маңызды элементі болып табылады. Жылу генераторының түрін таңдау жалпы жұмысқа, отынның түріне және бюджетке байланысты. Заманауи технологиялар жылу генераторларын тиімді және экологиялық түрде таза етеді, бұл қоршаған ортаны қорғау үшін маңызды.

Жалпы жылу генераторы - әртүрлі жылу, өнеркәсіптік, ауылшаруашылық және басқа жүйелерде қолданылатын жылу өндіруге арналған құрылғы. Жылу генераторы отынды жағу арқылы жұмыс істейді және жылу шығарылады. Бұл жылу салқындатқышқа (әдетте су немесе ауа) беріледі, содан кейін ол бөлмелерді жылытуға, суды жылытуға немесе басқа технологиялық процестерге қолданылады.

Автордың айтуынша ғимараттар мен жеке үй-жайларды орталықтандырылмаған жылыту үшін шетелдік және отандық өндірушілердің төмен және орташа қуатты жылу генераторларының заманауи түрлері кеңінен қолданылады. Мұндай құрылғылардың әрбір жаңа сериясына әр түрлі дизайндар енгізіледі [1].

Микроалаулы жану – бұл тиімді жануды қамтамасыз ететін және зиянды заттардың шығарындыларын барынша азайтатын отынды жағу әдісі. Микроалауды жану процесінде отын жоғары температурада жанып кететін кішкентай тамшыларға шашылады.

Микроалауды жылу генераторының алдыңғы құрылғыларының артықшылықтары

1 Жану тиімділігі: Микроалау құрылғылары жанармайдың жануы үшін оңтайлы жағдайлар жасайды, бұл жанбаған бөлшектердің мөлшерін азайтады және азот оксидтері (NOx) және көміртегі тотығы (CO) сияқты зиянды заттардың шығарындыларын азайтады [2].

2 Жанармай үнемдеу: жоғары жану тиімділігі отынның толық пайдаланылуына ықпал етеді, бұл отын шығынын азайтады және жүйенің жылу құндылығын арттырады.

3 Жылу шығынын азайту: Жалынды біркелкі бөлу тиімдірек жылу алмасуды қамтамасыз етеді, бұл жылу шығынын азайтуға және жұмыс кезінде тұрақты температураны сақтауға көмектеседі.

4 Қолдану икемділігі: Микроалау құрылғылары әртүрлі отын түрлері мен процестеріне бейімделуі мүмкін, бұл олардың қолдану аясын кеңейтеді.

5 Экологиялық таза: отынның толық жануы және жану процесін бақылау ластаушы заттардың шығарындыларын азайтуға әкеледі, бұл дәстүрлі оттықтармен салыстырғанда мұндай құрылғыларды экологиялық таза етеді.

Жылу генераторының микроалаулы алдыңғы құрылғыларының жану камераларына бірқатар негізгі талаптар қойылады: жанудың жоғары тиімділігі, шығарындылардың төмен деңгейі, әртүрлі режимдерде тұрақты жұмыс және т.б. Барлық талаптарды дерлік қанағаттандыру отынның жану аймағында оңтайлы таралуына және оның ауамен тиімді араласуына қол жеткізумен байланысты. Жану камерасының конструкциясында бұл оттық құрылғысымен қамтамасыз етіледі. Оның конструкциясы негізінен жылу генераторының өнімділігін қамтамасыз етеді [3].

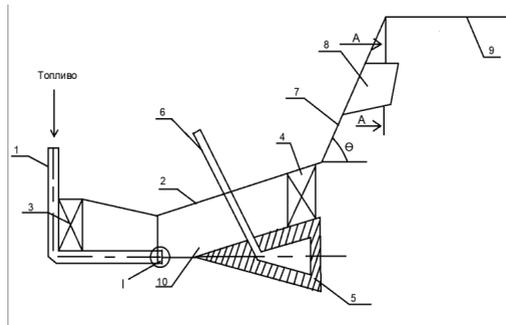
Жылу генераторы үшін жану камерасын әзірлеу күрделі техникалық тапсырма болып табылады және үлкен уақыт пен материалдық шығындарды талап етеді.

Жану камерасының геометриясы мен конструктивті сипаттамаларының, сондай-ақ жану камерасының ұзындығы мен көлденең қимасы бойынша жану қарқындылығына және отынның жануының жұмыс параметрлеріне әсерін есептеудің әртүрлі әдістері бар, бірақ олар біршама дерексіз сипатта болады. Тағы бір қиындық – әртүрлі конструкциялар мен жұмыс параметрлері бар, бірақ олардың жеткілікті әмбебаптығы жоқ, сондықтан оларды басқа жану камерасының есептеулерінде пайдалану шектеулі.

Жану камерасындағы параметрлерді анықтау тиісті шекаралық шарттарда күрделі теңдеулерді шешуді талап етеді. Алайда әдістер мен теңдеулер арқылы шешу күрделі болып көрінеді, сондықтан сандық модельдеу әдістерін қолдану тиімдірек. Модельдеуде k-ε турбуленттілік моделі пайдаланылды.

Жақсартылған техникалық, экономикалық және экологиялық сипаттамалары бар жылу генераторын жасау үшін, улылығы төмен

оттықты және алдыңғы құрылғыларды жасау тәжірибесіне сүйене отырып, біз алдыңғы жағына ауа саптамасымен өзгерістер енгіздік. Сондықтан біз жылу генераторының алдыңғы құрылғысының жаңа дизайнын ұсындық (1-сурет) [4]:



1 – отын құбыры, 2 – Вентури құбыры, 3 – кіріс бұрандасы, 4 – шығыс бұрандасы, 5 – орталық конус, 7 – алдыңғы қабырға, 8 – ауа кіретін құбыр, 9 – жалын құбыры, 10 – араластырғыш, I – отын беретін тесіктер.

1 – сурет Жылу генератордың алдыңғы қондырғысы [4]

Жылу генераторының алдыңғы құрылғысында жану аймағына отын-ауа қоспасын беретін отын түтігі I, отын мен ауа араластырғыш ретінде Вентури түтігі 10, кіріс бұрандасы 3, шығыс бұрандасы 4, орталық конус 5, қосымша отын түтігі 6, ауа беретін саңылаулары бар алдыңғы қабырға 7 немесе ауа құбыры 8 тармақтары бар.

Жылу генераторының жану камерасының алдыңғы құрылғысы келесідей жұмыс істейді. Аз отын-ауа қоспасын дайындауға арналған ауа кіріс бұрандасы 3 арқылы, ал отын отын құбыры 1 арқылы, содан кейін араластыру үшін араластырғыш-Вентури құбырына 10 түседі. Алынған қоспа 4 бұрандасына түседі. Содан кейін жоғары калориялы газ отыны – құрамында CH_4 төмен биогаздың жануынан алынған сутегі немесе метан – орталық конус 5 және шығыс бұрандасынан 4 келетін отын-ауа қоспасымен араластыруға арналған қосымша отын түтігі 6 арқылы бұранда қалақтарының артына берілуі мүмкін.

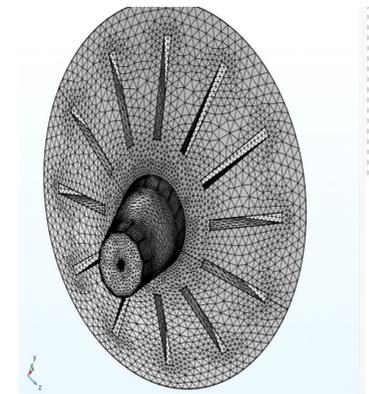
Толық жану үшін жеткіліксіз ауа салалық құбыр арқылы беріледі 8. Осылайша, ауа мен бастапқы отынның (газ немесе сұйық отын) қарқынды араласуы араластырғышта 10 орын алады. Шығу бұрандасынан 4 кейін жоғары калориялы газдың қатысуымен қалпына келтіру аймағында қайталама араластыру және алдын ала

жану қамтамасыз етіледі. Содан кейін толық жану үшін жетіспейтін қайталама ауа саңылаулар 7 немесе құбырлар 8 арқылы өрт түтігімен 9 шектелген жану камерасына түседі.

Жанудың толықтығын төмендетпей, тек жұқа беткі қабат арқылы өтетін қайталама ауаны беру жалғыз созылған алауды бірнеше біркелкі бөліктерге кеседі. Ал алауды бөліктерге бөлу микро алаудың жануын қамтамасыз етеді және сонымен бірге отынның жануының толықтығын төмендетпей NO_x түзілуін азайтады. Бірінші кезеңде біз саңылаулардың енін екі есе арттыру арқылы жылу генераторының өзінде ауа ағынының аэродинамикасын есептедік.

Аэродинамикалық және термохимиялық құбылыстардың бүкіл кешені жылу генераторында жүзеге асырылатындықтан, жану кезіндегі бұралмалы ағындағы процестерді теориялық талдау және параметрлерді эксперименттік зерттеу күрделілігі айқын [6,7].

Модельдеудің шекаралық шарттары 1-кестеде берілген. Модельдеуде сәйкес ең оңтайлы шешім болып табылатын к-ε іске асырылатын турбуленттілік моделі қолданылды. 3-суретте көрсетілген тор 590 931 элементтен тұрады.

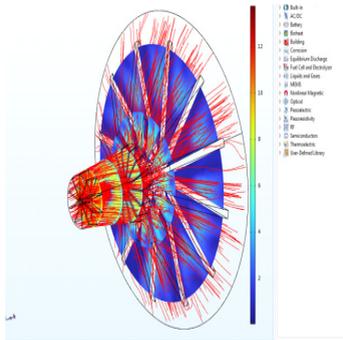


2 – сурет – Зерттелетін модельдің торы

Жылу генераторының тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін алдыңғы құрылғыдағы отын жинағының белгілі бір айналу жылдамдығын сақтау қажет. Осы мақсатта слоттар түріндегі кіріс және шығыс айналмалы құрылғылардың өртүрлі түрлерін қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін жоғары жылдамдықты контурлар қолданылады [8-9].

Суретте оттыққа түсетін ауаның бастапқы жылдамдығы Вентури түтігіндегі үдеумен, содан кейін отын түтігінің кеңею бөлігіне келгенде төмендеуімен сипатталады.

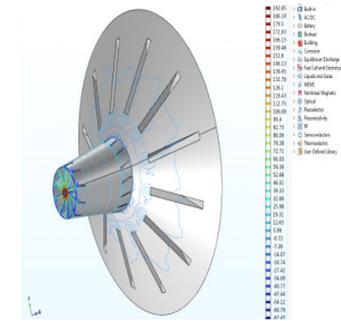
Ауа жылдамдығының бастапқы мәндері 10 м/с болғанда және барлық саңылауларда біркелкі емес бұралу аймағы түзілетіні анық. 20, 30 м/с бастапқы жылдамдық мәндерінде тұрақты құйынды аймақ түзілетіні анық.



3 – сурет – Жылу генераторының алдыңғы құрылғысының жылдамдық контуры

Мұнда жылу генераторының алдыңғы құрылғысының тікбұрышты радиалды ойықтары 30 м/с жылдамдықпен қысыммен ауа беруді қамтамасыз етеді, бұл қызыл сызықтармен көрсетілген.

Модельден көрініп тұрғандай, қысым аймағы өте біркелкі емес, атап айтқанда жеке аймақтардағы кіріс конустық бөлігінде қызыл түспен көрсетілген жоғары қысымдар (~ 1600 Па) бар, олар кенеттен алдыңғы құрылғының артына түседі (шамамен -700 Па вакуумға дейін), көк түспен көрсетілген. Конустық бөліктен алдыңғы құрылғыға шығатын жерде де қысымның салыстырмалы теңестірілуі байқалады, ол көк түспен көрсетілген.



4 – сурет – Жылу генераторының алдыңғы құрылғысының жылдамдық контуры

Жану кезінде микро-алауды қамтамасыз ету үшін біз алдыңғы бетінің бұрышын 60°-қа өзгерттік және алдыңғы жағындағы радиалды саңылаулар арқылы екінші ауаны енгіздік.

COMSOL Multiphysics бағдарламасының көмегімен жасалған модельді тексеруден алынған қысым мен жылдамдықты бөлу нәтижелері жылу генераторының сипаттамаларын жақсарту мүмкіндігін бағалауға мүмкіндік береді деп болжауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Valeev M., Dyudina A., Fatikhov, A., Ziganshin M. Simulation gas combustion process in modern heat generators of small and medium power. // International conference safety problems of civil engineering critical infrastructures. [Electronic resource]. URL: <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2019-12-2-126-134>. 2019.

2 Достияров А.М., Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах. – Шымкент, ЮКГУ, 1999. – 181 с.

3 Moh'd A. Al-Nimr, Ahmed A. Alajlouni. Internal combustion engine waste heat recovery by a thermoelectric generator inserted at combustion chamber walls. // International Journal of Energy Research. [Electronic resource]. URL: <https://doi.org/10.1002/er.4241>. October 2018.

4 Dostiyarov A. M. Sapargaliyeva A. N., Yamanbekova A. K., Iliyev I. K. Development of a new front heat generator device and results of numerical simulation on Comsol Multiphysics. // 9th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE. [Electronic resource]. URL: [10.1109/EEAE60309.2024.10600586](https://doi.org/10.1109/EEAE60309.2024.10600586). Ruse. 2024.

5 Достияров А.М., Умышев Д.Р. Микрофакельные горелочные устройства и способы снижения вредных выбросов ГТУ: Монография. – Алматы: ТОО «BrandBook», 2021. – 212 с.

6 Кудрявцев Н.Ю., Волков Э.П. / Математическая модель процесса образования оксидов азота и определение их концентраций в уходящих газах паровых котлов // Теплоэнергетика. – Москва, 1988, №4, С. 49–53.

7 Соколов К.Ю., Тумановский А.Г., Калинин Е.И. и др. / Математическое моделирование рабочего процесса в кольцевой камере сгорания ГТУ // Теплоэнергетика. – Москва, 1988, №11, С. 28–32.

8 Достияров А.М., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Возможности использования микрофакельной воздушной горелки для теплогенератора. – Вестник АУЭС, № 4 (6). 2018. – с. 32-39.

9 Достияров А.М., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Возможности использования микрофакельной воздушной горелки для теплогенератора. // II Международная научно практическая конференция «Global science and innovations 2018: Central Asia», 18 октября 2018 Астана, Казахстан, с. 647-649.

10 Достияров А.М., Умышев Д.Р., Катранова Г.С., Яманбекова А.К. Камеры сгорания и горелки газотурбинных установок. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2017. – 205 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТЭС

СТЕПАНОВА О. А.

к.т.н., профессор, Шакарим университет, г. Семей

КАСЕМКАНОВ Д. Н.

магистрант, Шакарим университет, г. Семей

Современные системы топливоподачи тепловых электрических станций (ТЭС) должны обеспечить надежную работу в режиме с наилучшими технико-экономическими показателями. Поиск новых решений, повышающих эффективность процесса подготовки топлива, является на сегодняшний день актуальным. Технологический процесс подготовки топлива с помощью шаровых барабанных мельниц важен для многих ТЭС, при этом следует учитывать, что процессы измельчения энергоемки [1].

Системы топливоподачи на тепловых электростанциях (ТЭС) играют ключевую роль в обеспечении надежной и экономически

эффективной работы электростанции. В настоящее время особое внимание уделяется вопросам энергоэффективности, надежности, экологии и автоматизации процессов. Основные исследования сосредоточены на оптимизации процессов подачи, подготовке топлива, внедрении новых технологий и оценке экологических аспектов. На рисунке 1 показана система топливоподачи на ТЭЦ-1 города Семей.



Рисунок 1 – Системы топливоподачи ТЭЦ-1 города Семей

Ключевые функции топливно-транспортного хозяйства показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Ключевые функции топливно-транспортного хозяйства ТЭС

К л ю ч е в ы е ф у н к ц и и т о п л и в н о - т р а н с п о р т н о г о х о з я й с т в а ТЭС	приемка топлива от поставщиков с контролем его количества и качества
	бесперебойная работа железнодорожного транспорта станции
	механизированная разгрузка железнодорожных вагонов
	механизированное складирование и хранение топлива с минимальными потерями
	своевременная и бесперебойная подача топлива в котельную

Уголь доставляется на ТЭС преимущественно в железнодорожных полувагонах. Для разгрузки полувагонов применяются специальные машины вагоноопрокидыватели. В зависимости от метода фиксации вагона, выделяют люлечные вагоноопрокидыватели и устройства с прижимами (механическими или гидравлическими). Также вагоноопрокидыватели бывают роторные, которые вращают вагон вокруг его оси при опрокидывании, и боковые, вращающие вагон вокруг вынесенной оси, причем могут быть предназначены для опрокидывания одного или двух вагонов. Выбор конкретного типа вагоноопрокидывателя зависит от таких факторов, как суточная производительность, уровень грунтовых вод и другие параметры. Например, на ТЭЦ-1 города Семей уголь из ж/д вагонов с помощью бокового вагоноопрокидывателя уголь поступает в приёмные бункера и при помощи питателей качающихся ПК-1,2-12 поступает на ленточный конвейер.

Поскольку уголь добывается в удаленных регионах, его транспортировка охватывает большие расстояния, что приводит к разнообразию климатических условий. В одних регионах температура может быть положительной, и идет дождь, в других – морозно. Поэтому в межсезонье уголь часто поступает на станцию разгрузки в смерзшемся состоянии. В связи с этим, прежде чем отправить полувагон на разгрузку в вагоноопрокидыватель, необходимо восстановить сыпучесть угля [2]. Для этого вагоны подаются в специальные размораживающее устройство – тепляки. Топливо из вагонов выгружается в бункеры, из которых с помощью питателей поступает в дробилки предварительного дробления. Дробилки бывают молотковые или конусные. После дробления уголь поставляется в башню пересыпки главного корпуса, где перегружается на ленточные конвейера, распределяющие его по бункерам котельной. Всего на ТЭЦ-1 города Семей находится 5 котлов (3 паровые, 2 водогрейные)

Уголь в энергетическом секторе Казахстана является стратегически важным и устойчивым источником энергии, который используется уже несколько десятилетий и продолжает оставаться основным видом топлива. Он составляет почти 80% от общего объема вырабатываемой тепловой и электрической энергии в стране. По оценкам экспертов, при нынешнем уровне потребления запасы угля в Казахстане хватит как минимум на несколько десятилетий. Уголь сохраняет доминирующую роль не только в Казахстане, но и в мировой энергетике. В ряде экономически развитых стран доля

угля в производстве электроэнергии значительно велика: например, в США – 52%, в Германии – 54%, в Китае – 72%.

Однако проблемы эффективного использования угля как топлива становятся всё более актуальными, что связано с несколькими важными факторами. В первую очередь, это ужесточение экологических стандартов (снижение выбросов парниковых и других загрязняющих веществ), ограниченность запасов угля и рост мировых энергетических потребностей. Особенно значительный экологический ущерб наносится при сжигании угля на тепловых электростанциях, в промышленности и других источниках энергии. В связи с этим особое внимание уделяется снижению воздействия на окружающую среду, в частности, уменьшению выбросов загрязняющих газов, очистке дымовых газов и утилизации углекислого газа, что является основными факторами глобального потепления. Ведущие мировые компании и ученые активно работают над снижением этих выбросов и созданием более эффективных и экологически чистых угольных электростанций [3].

В настоящее время в рамках проводимых исследований рассматривается работа системы топливоподачи ТЭЦ-1 с целью разработки мероприятий по снижению воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шувалов, С. И. Повышение производительности пылесистем с шаровыми барабанными мельницами путем просеивания возврата // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 4. – С. 65–68.
- 2 Назмеев Ю.Г., Мингалеева Г.Р. Системы топливоподачи и пылеприготовления ТЭС (Справочное пособие).-М.: Издательский дом МЭИ. – 2005, 480 с.
- 3 URL: <https://nur.nu.edu.kz/server/api/core/bitstreams/1745b7cb-4956-4d81-8b18-967cfa9f947a/content> (дата обращения: 07.02.2025).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОНЯТИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

СУШИН А. М.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье приведен анализ надежности существующих конструкций и характеристик питательных насосов (ПН) и выявление факторов, влияющих на надежность работы питательных насосов.

Также описан анализ и выявление причин снижения надежности работы питательных насосов.

Изложены вопросы теории надежности систем, закономерности определения ресурса объектов, методы расчета показателей надежности структурных схем энергоблоков и узлов оборудования.

Рассмотрено влияние человеческого фактора на надежность теплоэнергетических систем, приведены пути обеспечения надежности средствами проектирования, изготовления и эксплуатации.

Ключевые слова: конструкции, питательные насосы, методы расчета, показатели надежности, структурные схемы энергоблоков, узлы, оборудование, теплоэнергетические установки, исправность, неисправность, работоспособность, неработоспособность, предельное состояние.

Актуальность темы. Развитие зарубежной и отечественной энергетики в 1980-1990 г.г. характеризовалось ростом единичных мощностей, вводимых в эксплуатацию энергетических блоков тепловых электростанций до 500 МВт. Ввод в эксплуатацию мощных блоков вызвал необходимость применения укрупненного технологического оборудования, к которому относятся и питательные насосы (ПН). В результате рядом фирм были разработаны и установлены на энергоблоках крупные ПН единичной мощностью: США - 47 МВт, Япония, ФРГ - 22 МВт, СССР и Англия - 16 МВт. Построенные в 60-80 г.г. прошлого века энергоблоки требуют модернизации и замены оборудования. Поэтому совершенствование конструкции, улучшение характеристик крупных ПН для ГРЭС в настоящее время является актуальным. Частые отказы в работе питательных и нагнетательных насосов (два раза в год, капитальные ремонты – один раз в четыре года) приводят

к снижению энергетической независимости ГРЭС, увеличению затрат на ремонты насосов.

Цель и задачи работы. Целью работы является выявление теоретических основ понятия надежности работы питательных насосов (ПН) в диапазоне коэффициента быстроходности ступеней и создание современных, конкурентоспособных ПН для энергоблоков мощностью до 500 МВт.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие основные задачи:

- анализ существующих конструкций и характеристик питательных насосов (ПН);
- выявление факторов, влияющих на надежность работы питательных насосов;
- анализ и выявление причин снижения надежности работы питательных насосов;
- разработка технических решений по повышению надежности работы питательных насосов;

Методы исследования. Поставленные в работе задачи решаются на основе методов вычислительной гидродинамики, термодинамики и прочности, экспериментальных исследований, натурных испытаний.

Надежность - это свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели производительности, экономичности, рентабельности и другие в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Для стационарных теплоэнергетических установок представляющих собой крупные мало серийные ремонтируемые изделия с большим сроком службы, понятие надежности можно интерпретировать, как свойство отпускать не хранимую продукцию (энергию) по строго заданному режиму, при этом сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемой длительной наработке [1].

К числу основных свойств теплоэнергетических установок, их агрегатов и элементов оборудования можно отнести следующие: безотказность, долговечность, исправность, неисправность, работоспособность, неработоспособность, предельное состояние.

Для характеристики надежности работы энергетического объекта, как правило, используют следующие понятия: повреждения - событие, заключающееся в нарушении исправности системы ее подсистем и элементов, вследствие влияния внешних воздействий,

превышающих уровни, установленные в нормативно-технической документации на объекте; отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособности энергоблока, вследствие неисправности подсистемы (котельной или турбинной установок), элементов (конденсатор, насосы, подогреватели и т. д.).

Отказы могут быть полные и частичные. После возникновения полного отказа подсистемы или элемента, энергоблок отключается. После возникновения частичного отказа энергоблок может оставаться в работе, но с меньшей эффективностью. Надежность теплоэнергетической установки и входящих в нее элементов в принципе можно определить коэффициентом готовности Кг. Коэффициент готовности - это вероятность, того что энергоблок или его элементы окажутся работоспособными, т. е. готовыми нести проектную нагрузку в произвольный момент времени, кроме периодов его плановых установок

Питательные насосы являются очень ответственными агрегатами на тепловой электростанции и поэтому важнейшим требованием, которое предъявляется к эксплуатации питательных насосов, является обеспечение надежной их работы.

Питательная установка включает в себя два турбонасосных агрегата, предназначенных для работы в качестве питательных насосов блока и состоящих из питательного насоса Пн-1500-350, приводной конденсационной турбины ОК-18ПУ с редуктором Р-1А и бустерного насоса ПД-1600-180-1. [2].

Два агрегата обеспечивают 100 % нагрузку блока. Приводом каждого питательного турбонасоса является конденсационная паровая турбина, подача пара на которую осуществляется от одного из трех источников: IV отбора главной турбины, БРОУ ПТН, коллектора с.н. 15 кг/см₂ 380°; одновременная подача пара от отбора турбины и любого другого источника недопустима по условиям защиты турбины от разгона.

Питательная вода на всасе главного питательного насоса ПН-1500-350 подается из напорного патрубка бустерного насоса, который приводится во вращение приводной турбиной через редуктор. На всас бустерного насоса ПД-1600-180-1 (отм. всаса 7,442 м) питательная вода подается из деаэрационных баков, расположенных на отм. 30,39 м (ось бака). На общем всасывающем коллекторе бустерных насосов предусмотрена установка пяти фильтров (четыре – рабочих, один – резервный) для очистки питательной воды. На всасе каждого питательного насоса

устанавливается фильтр тонкой очистки питательной воды. Два фильтра (один - рабочий, один - резервный) установлены также на общем коллекторе подачи конденсата на уплотнения питательных насосов и бустерных насосов.

Питательный насос ПН-1500-350, входящий в состав турбонасосного агрегата, предназначен для питания котла.

Конструкция насоса. Главный питательный насос ПН-1500-350 представляет собой центробежный насос с семью ступенями давления. Для обеспечения высокой надежности и полной герметичности насоса при работе в условиях сверхкритических давлений и достаточно высоких значений температур, корпус насоса выполнен двойным. К основным узлам насоса относятся: наружный корпус, крышка насоса, концевые уплотнения, внутренний корпус, ротор насоса, подшипники насоса.

Наружный корпус. Основной базовой деталью насоса является наружный корпус, представляющий собой кованый сварной цилиндр из стали 15ХМФ, к корпусу привариваются входной и напорный патрубки, которые направлены вниз.

К корпусу приварены четыре лапы, опорные поверхности располагаются в горизонтальной плоскости, проходящей вблизи оси насоса. Опорными лапами насос опирается на чугунную раму, которая в свою очередь устанавливается на фундамент насоса. Крепление насоса к раме осуществляется четырьмя упорами. В передних лапах расположены две поперечные шпонки, направляющие расширение насоса в горизонтальной плоскости в сторону нагнетания насоса. Правильность осевого расположения корпуса при тепловом расширении обеспечивается двумя продольными шпонками, расположенными на напорном и всасывающем патрубке. Эти шпонки допускают вертикальные тепловые расширения корпуса. Принятая система крепления насоса фиксирует в пространстве его ось, сохраняя свободу тепловых расширений во все стороны. Наружный корпус имеет со стороны входного патрубка уступ для упора внутреннего корпуса. В верхних точках корпуса в районе всасывающего и напорного патрубка имеются два радиальных сверления для подсоединения вентилей воздушников. В наружном корпусе выполнены также два радиальных сверления для отбора воды после первой ступени на впрыски промпрегрева. Наружный корпус с торцов закрывается всасывающей и напорной крышкой. Стыки корпуса и крышек с

целью повышения коррозионно-эрозионной стойкости наплавлены нержавеющей сталью.

Крышка напорная и крышка всасывающая. Крышка напорная крепится к торцу наружного корпуса при помощи шпилек и воспринимает усилия от давления, создаваемого насосом. С наружной стороны к крышке шпильками крепится корпус заднего концевого уплотнения. Между крышкой и корпусом заднего уплотнения образована область за разгрузочным диском, соединенная со всасом насоса. С внутренней стороны крышки выполнены два центрирующих выступа, которые служат для установки крышки в наружный корпус и для центровки по ней внутреннего корпуса. Для обеспечения плотности между корпусом и крышкой установлена металлическая прокладка. Со стороны входного патрубка наружный корпус закрывается крышкой всасывания, представляющей собой корпус переднего уплотнения, выполненный конструктивно совместно со всасывающей камерой насоса. Для обеспечения плотности между корпусом и крышкой установлена резиновая прокладка [3].

Внутренний корпус. Внутренний корпус является отдельным сборочным элементом насоса. Вместе с ротором детали его образуют проточную часть насоса. Корпус представляет собой набор отдельных секций, скрепленных между собой болтами. В секциях насоса установлены направляющие аппараты с обратными каналами.

Направляющий аппарат состоит из двух частей: собственно направляющего аппарата, неразъемного и внутреннего кольца направляющего аппарата, имеющего горизонтальный разъем. Во избежание протечек в стыке между направляющим аппаратом и внутренним кольцом, эти детали выполняются с различными коэффициентами линейного расширения. Предварительный прижим внутреннего кольца к уплотнительному борту направляющего аппарата во время сборки обеспечивается пружинами, расположенными в лопатках внутреннего кольца направляющего аппарата. В местах уплотнений рабочих колес в секциях установлены уплотнительные кольца и кольца из двух половин. Уплотнительные кольца имеются в зазоре между ступицей рабочих колес и внутренних колец направляющего аппарата.

Для осуществления независимого теплового расширения вала и рабочих колес между ступицами рабочих колес предусмотрены разрезные установочные кольца, устанавливаемые с осевым зазором

от 0,4 до 0,6 мм. В области концевых уплотнений со стороны всасывания и нагнетания вал защищен от эрозийного действия протечек рубашками из нержавеющей стали. Рубашка со стороны всасывания насажена на вал с натягом и фиксируется в продольном направлении кольцевым выступом, расположенным во внутренней расточке рубашки, который входит в кольцевую выемку вала.

Для надежной работы уплотнений, уменьшения величины утечек конденсата в деаэрактор, давление уплотняющего конденсата должно примерно от 1,0 до 1,5 кг/см² превышать давление в камере слива в деаэрактор. Этот перепад давления поддерживается автоматическими клапанами. Кроме того, на линиях подвода уплотняющего конденсата к каждому уплотнению предусмотрены регулирующие вентили с ручным приводом, с помощью которых можно установить одинаковое давление в камерах слива в деаэрактор. Для очистки уплотняющего конденсата предусмотрена установка двух фильтров тонкой очистки к каждому уплотнению. Один фильтр – рабочий, другой – резервный.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 СНиП РК 4.02- 08 - 2020 « Котельные установки »
- 2 Бухман М.А. «Вихревые горелки с низким выходом NOX». Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2019, № 4, с.64-68.
- 3 Бухман М.А., Амангалиев А.А., Бугубаев М.А. и др. «О снижении выхода NOX на котлах ПК-39-II Аксуской теплоэлектростанции». Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2023, № 10, с 69-70.

Секция 3
Автоматтандыру, робототехника және
телекоммуникациядағы инновациялық шешімдер
Инновационные решения в автоматизации,
робототехнике и телекоммуникациях

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
ШПОНКИ ДЛЯ ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

АБДЫХАМИДОВА А. Б.
 докторант, КАТИУ имени Сейфуллина, г. Астана
 САРСИКЕЕВ Е. Ж.
 Ph.D., ассоц.профессор, КАТИУ имени Сейфуллина, г. Астана
 ГАЛЬЦЕВА О. В.
 к.т.н., доцент, НИ ТПУ, г. Томск

В последние годы около 60% овощей по всему миру выращивают с использованием кассет. Эта технология не только улучшает урожайность, но и повышает эффективность использования земли. В механических устройствах для пересадки семян ключевым элементом является захватывающий исполнительный механизм, который напрямую влияет на качество пересадки и дальнейший рост растений. Захватывающие исполнительные механизмы делятся на несколько типов в зависимости от того, как они захватывают семена:

- Тип со вставленной пробкой: устройство захватывает растение путем введения механизма в субстрат или корни.
- Тип с зажимом: устройство использует зажимы для захвата стебля или корней.
- Комбинированный тип с верхним зажимом: устройство сочетает зажим с верхним захватом для более надежной фиксации растений.

Для пересадки овощных семян наиболее часто используются кассеты с количеством отверстий 72, 128 и 200, что позволяет адаптировать технологию под разные стадии роста растений [1, с.30].

Помимо высокой надежности, качественное захватное устройство для пикирования должно обеспечивать эффективное проникновение, удержание и высвобождение различных типов питательной среды с минимальным повреждением корней. Кроме того, его конструкция должна быть простой, управляемой

недорогими приводами, а также обеспечивать вставку заглушек в контейнеры разного размера [2, с.422].

Одной из самых актуальных проблем является снижение процента повреждений семян при пересадке [3, с.262]. Ведутся исследования, которые сосредоточены на улучшении захватных устройств, разработке более гибких и адаптивных систем захвата, а также на создании алгоритмов, способных учесть индивидуальные особенности каждого растения. Разработки включают использование роботизированных механизмов с различными захватами, которые адаптируются к размеру и форме семян. Такие системы часто включают датчики, позволяющие определять положение и состояние растений, минимизируя повреждения. Одним из ключевых вызовов в автоматизации пересадки является разработка эффективных механических захватных устройств. Важным аспектом является точная адаптация механизма под размеры растений, чтобы избежать их повреждений, применяя пневматические или гидравлические приводы для плавного и безопасного захвата семян [4, с.26].

Разрабатываемый модуль должен обеспечивать:

- Высокую производительность — сокращение времени на пикировку.
- Простоту конструкции — минимальные затраты на эксплуатацию и обслуживание.
- Использование современных CAD-систем для проектирования.
- Типы систем: линейные направляющие или ленточные конвейеры.
- Захват семени за корневую часть или за стебель, предотвращая его повреждение.
- Применение стандартных узлов и деталей для упрощения сборки [5, с.40].

Однако из-за особенностей его применения в конкретных конструкциях захватных устройств и вспомогательных устройств возникает необходимость дальнейшего исследования кинематических свойств механизма. Обоснование его составных частей приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Обоснование удерживающего устройства

Нет	Имя	Размер	Число
1	Ползунки		3
2	Шток	28 mm	3
3	Фланец	l=35mm	1

4	Винт	$l=0.5\text{mm}$	9
5	Скользящие втулки		3
6	Шпонки	$l=85\text{mm}$	3
		h (толщина)= $0,05\text{mm}$	3
7	Кронштейн	60mm	7
8	Шатун	14mm	6

В данной работе определены основные кинематические характеристики механизма деактивации, необходимые для его синтеза и последующего анализа. Основное внимание уделяется учету особенностей использования механизма в качестве привода для захватного устройства [6, с.950].

Механизм относится к одностепенным рычажным механизмам и состоит из трех поступательно движущихся звеньев, трех вращательных и одной поступательной кинематической пары. Благодаря своей широкой функциональности, простоте, надежности и высокой жесткости кривошипно-ползунный механизм является наиболее распространенным механизмом.

Задачи и методы синтеза и анализа данного механизма достаточно полно рассмотрены во многих трудах, например, в работах основоположников теории механизмов [7, с.70]. Однако, в настоящей работе рассматривается решение задачи применения этого механизма в конструкции захватного устройства для пикировки семян [8, с.1885].

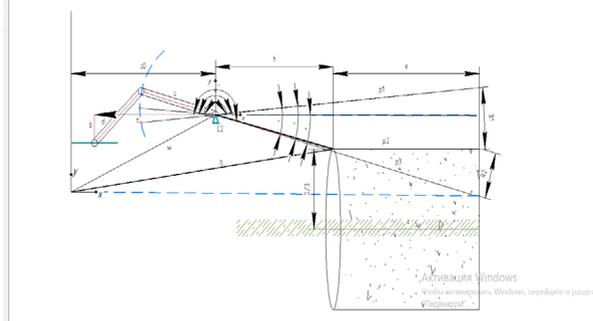


Рисунок 2 – Траектория зажима в среде AutoCAD

Для детального рассмотрения движения шпонки в координатной системе проведено компьютерное моделирование в программной среде Matlab-Simscape, результат которого приведены на рисунку 3.

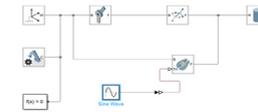


Рисунок 3 – Моделирование движения шпонки в среде Matlab-Simscape

В данной работе получены основные кинематические характеристики захватного устройства, необходимые для его эффективного синтеза и последующего анализа. Были выявлены ключевые требования к конструкции захватного устройства, включая его способность к надежному удержанию, проникновению и высвобождению объектов с минимальным повреждением корневой системы.

Результаты будут показаны ниже в рисунке 4.

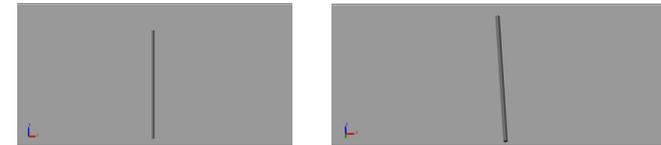


Рисунок 4 – Перемещение шпонки по оси $[0\ 0\ 0]$ и $[-5\ -1\ 3]$

Это моделирование движения шпонки до момента, когда результирующая сила на ней становится 0H и шпонка не движется по оси $[0\ 0\ 0]$.

Большинство существующих захватных устройств реализованы в зажимной или раздвижной формах. Однако при использовании зажимных инструментов возникают сложности с освобождением заглушек, а в передвижных механизмах — с их надежным удержанием. С учетом этих особенностей было разработано захватное устройство, которые сочетает в себе преимущества как зажимных, так и скользящих конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Gao G, Wang K, Sun X, 2017. Verification for EDEM simulation of process of jacking tray-seedling by steel needle in grafting machine and parameter optimization. T CSAE 33 (21): 29-35.
- 2 Han FQ, Xiao YX, Kubota T, Liu J, 2004. Study on the contraction mechanism of free jet. J Eng Thermophys 25 (3): 421-423.
- 3 Han L, Mao H, Miao X, Hu J, Yang X, 2013. Design of automatic picking up seedling end-effector based on mechanical properties of plug seedlings. T CSAM 44 (11): 260-265.
- 4 Han L, Mao H, Yan L, Hu J, Huang W, Dong L, 2015. Pincette-type end-effector using two fingers and four pins for picking up seedlings. T CSAM 46 (7): 23-30.
- 5 Han L, Mao H, Zhao H, Liu Y, Hu J, Ma G, 2019a. Design of root lump loosening mechanism using air jets to eject vegetable plug seedlings. T CSAE 35 (4): 37-45.
- 6 Han L, Kumi F, Mao H, Hu J, 2019b. Design and tests of a multi-pin flexible seedling pick-up gripper for automatic transplanting. Appl Eng in Agr 35 (6): 949-957. <https://doi.org/10.13031/aea.13426>
- 7 Jin X, Li D, Ma H, Ji J, Zhao K, Pang J, 2018. Development of single row automatic transplanting device for potted vegetable seedlings. Int J Agr Biol Eng 11 (3): 67-75. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3969>
- 8 Khadatkar A, Mathur SM, Gaikwad BB, 2018. Automation in transplanting: a smart way of vegetable cultivation. Curr Sci 115 (10): 1884-1892. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i10/1884-1892>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

ГОНЕНКО Т. В.

к.т.н., доцент, кафедра «Автоматизация и робототехника», Омский государственный технический университет, г. Омск,

ХАЦЕВСКИЙ В. Ф.

д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизация и управление»,
Торайгыров университет, г. Павлодар

Управление качеством нефтепродуктов является важнейшим условием обеспечения стабильной работы предприятий нефтеперерабатывающей отрасли. Основными критериями при контроле технологического процесса являются время

определения отклонений оптимальных значений параметров, а также достоверность получаемых данных при анализе технологического процесса.

В ходе технологического процесса уровень качества получаемого продукта нормируется, что позволяет гарантированно обеспечить необходимое качество. Таким образом, существует необходимость осуществлять контроль качества получаемого продукта на всех этапах технологического процесса [1, с. 48].

На сегодняшний день существуют три основных способа контроля показателей качества, которые используются при оценке качества выходных продуктов, в том числе лабораторные анализы, данные поточных анализаторов, данные виртуальных анализаторов [2, с. 296, 3, с. 98]. Каждый из перечисленных способов контроля качества имеет свои преимущества и недостатки, а также сферы применения.

Виртуальные анализаторы (ВА) являются важнейшими элементом системы усовершенствованного управления технологическим процессом. ВА (в англоязычной литературе: Soft Sensor, Inferential Sensor, Virtual Online Analyser) представляет собою программно-математический комплекс для оценки текущих состояний и прогноза показателей качества промежуточных или продуктовых потоков процесса (концентрация ключевого компонента, октановое число, температура начала кипения и т. д.). Принцип работы виртуальных анализаторов заключается в непрерывном анализе требуемого показателя качества по математической модели, которая описывает функциональную зависимость с текущими значениями измеряемых технологических переменных.

В ходе проведенного исследования выявлено, что наиболее эффективным является виртуальный анализатор, разработанный на базе программного продукта T-Soft Российская инновационная компания «T-Soft» занимается разработкой и внедрением новых решений на промышленных предприятиях нефтеперерабатывающей и химической отрасли.

T-Sensor производит расчет значений виртуальных анализаторов качества в режиме реального времени на основе принимаемых данных из распределенной системы управления (далее – PCY) по протоколу OPC и из других модулей интеллектуального управления T-Core. Конфигурация ВА настраивается в T-Engineering Studio и принимается T-Sensor в виде конфигурационного

файла с расширением *.tsr. Для каждого ВА необходимо создавать собственный экземпляр модуля T-Sensor и указывать соответствующий конфигурационный файл.

Для добавления расчета ВА необходимо в T-Core добавить модуль типа T-Sensor. Модуль содержит 3 аргумента: путь к конфигурационному файлу, псевдоним OPC-сервера и папку с БД (рисунок 1). При включенном режиме отладки в лог записывается детальная информация о работе модуля.

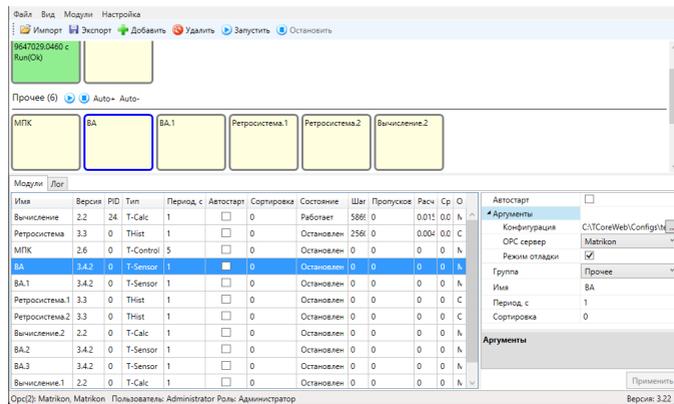


Рисунок 1 – Аргументы модуля T-Sensor

При включенном модуле в панели отображения оперативной информации приводится текущее значение ВА, единица измерения, режим работы и статус ВА (рисунок 2).

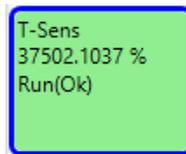


Рисунок 2 – Отображение информации о работе модуля

При запуске модуля в подсистему логирования вносится запись о пути к конфигурационному файлу, формуле ВА, статусе подсистемы автоматической коррекции параметров при поступлении лабораторных анализов (далее – LabUpdate).

Клиент производит отображение информации о режиме работы модуля T-Sensor, позволяет изменять режимы модуля,

корректировать параметры, вводить новые значения лабораторных анализов.

Окно клиента T-Sensor может работать в двух режимах: свернутом и развернутом. В свернутом виде отображается: имя ВА, текущее значение, единица измерения, режим работы ВА, статус ВА, кнопки изменения режима работы ВА, кнопка развертывания разделов клиента, формула ВА, кнопка «Сохранить конфигурация» – обеспечивает запись измененных параметров в конфигурационный файл. При развертывании окна клиентов дополнительно появляются следующие области: используемые переменные, коэффициенты, лабораторные анализы (рисунок 3).

Корректировка параметров проверки достоверности входных данных. Для вызова окна настроек параметров проверки достоверности параметра, необходимо выполнить двойной щелчок левой кнопкой мыши по параметру (рисунок 4).

Окно настроек позволяет настроить контроль достоверности при приеме значения технологической переменной, параметры фильтрации и изменить источник данных.

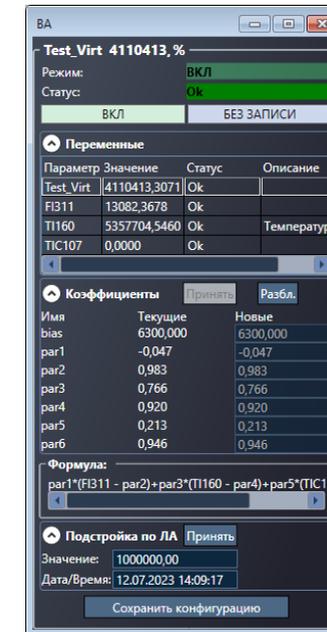


Рисунок 3 – Клиент T-Sensor в развернутом виде

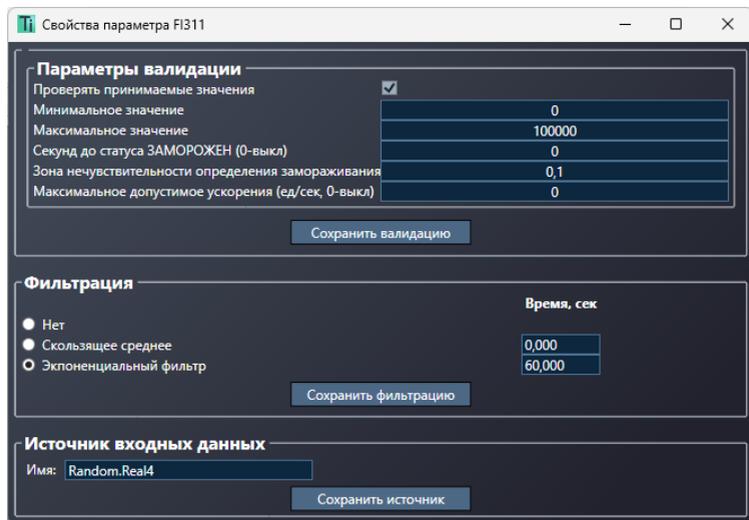


Рисунок 4 – Окно настроек параметров

В статье представлены исследования виртуального анализатора на базе Российского разработчика ППО T-Soft. Данная система предназначена для поддержания заданной производительности производства на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли.

Эффективность виртуального анализатора заключается в осуществлении контроля качества получаемых продуктов на всех этапах технологического процесса.

Виртуальный анализатор может применяться в системах управления переработкой сырья на предприятиях по производству товарной нефти и других продуктов.

Практическая значимость: внедрение виртуального анализатора позволит значительно повысить качество продукта и эффективность его использования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Шинкевич А. И., Барсегян Н. В. Пути повышения эффективности организации производственных процессов на нефтехимических предприятиях за счёт применения систем автоматизации / А. И. Шинкевич, Н. В. Барсегян // Русский инженер. – №4 (65) – 2019. С. 48-51.

2 Гурьева Е. М., Кольцов А. Г. Применение виртуальных анализаторов для определения качества нефтепродуктов /Е. М. Гурьева, А. Г. Кольцов // Динамика систем, механизмов и машин / ОмГТУ – Омск, 2016. – Т. 1. – С. 296-301.

3 Тугашева Л. Г. Виртуальные анализаторы показателей качества процесса ректификации / Л. Г. Тугашева // Электротехнические и информационные комплексы и системы – № 3. – 2013. С. 98–99.

ИОНИЗАЦИЯ ВОЗДУХА И НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ АЭРОИОНОВ

ДРОБИНСКИЙ А. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
БАЙШИНА М. К.

учитель, школа-лицей №1 для одаренных детей, г. Экибастуз
КУРМАНСИИТОВА А. А.

ученик, школа -лицей № 1 для одарённых детей, г. Экибастуз

Через атмосферу нашей планеты проходит электромагнитное поле, в котором наблюдается множество процессов, так или иначе влияющих на живые организмы. Одним из важнейших факторов с этой точки зрения можно назвать процесс ионизации, происходящий в результате расщепления газовых молекул и атомов под воздействием радиоактивного излучения. Производным ионизации являются аэроионы – частицы, которые могут иметь положительный или отрицательный заряд.

В природных условиях ионизация осуществляется естественным путем – особенно это заметно в горах, на море и в хвойных лесах. Чаще всего воздух ионизируется во время грозы и с помощью космического излучения, а сам процесс затрагивает кислород и озон. В условиях помещений, в том числе квартир, ионизация не может происходить естественным образом, поскольку прямого воздействия природных источников не наблюдается. В этом случае для нормализации состояния воздуха применяются ионизаторы и другие устройства подобного типа.

В одном кубическом сантиметре атмосферного воздуха в среднем может сочетаться до десятков тысяч аэроионов. При этом, в зависимости от местности, уровень положительно или отрицательно заряженных частиц отличается – так, на курортах и территориях с большим количеством зеленых насаждений концентрация может

заметно превышать эти показатели. В городах, или помещениях с большим количеством людей, уровень резко снижается.

Это напрямую связано с качеством воздуха – чем он грязнее, тем хуже легкие ионы сохраняют жизнедеятельность. И, соответственно, чем больше аэроионов в воздухе, тем он полезнее для человека. В среднем в природе количество частиц в 10–15 раз превышает их количество в городском воздухе. Такая разница наблюдается из-за загрязнения воздуха выхлопными газами и выбросами предприятий.

Из особенностей аэроионов также можно выделить разницу в подвижности между положительными и отрицательными аэроионами – первые менее подвижны, однако при этом дольше живут. Отрицательные же аэроионы, отличающиеся достаточной устойчивостью, могут образовывать различные вещества, в числе которых атомы углерода, молекулы кислорода, озона, углекислого газа и воды, а также диоксиды азота и серы. Концентрация отрицательных заряженных ионов в горах составляет от 5 до 10 тыс. ед./см³. ионов в атмосфере после грозы — от 50 до 100 тыс. ед./см³ [1].

В то же время отрицательные ионы — анионы, благотворно влияют на здоровье человека. Положительно заряженные ионы — катионы негативно отражаются на самочувствии: снижается иммунитет, повышается утомляемость, возникают частые головные боли. В воздухе больших городов аэроионов содержится в десять-пятнадцать раз меньше, чем в природной среде, что обусловлено большой концентрацией производственных выбросов и автомобильных выхлопных газов.

На основании требований СанПиН, касающихся аэроионного состава воздуха, к регулируемым показателям относится содержание аэроионов и коэффициент униполярности U [2]. Первый касается как положительно, так и отрицательно заряженных частиц. В случае с концентрацией ионов минимально допустимым является значение 400 ион/см³, предельным – 50000 ион/см³. Коэффициент униполярности определяется как отношение уровня содержания аэроионов с положительным зарядом к уровню содержания аэроионов обратной полярности. Согласно стандартам, он вычисляется по формуле $U = \rho^+ / \rho^-$ и не должен превышать значения 1,0. Минимальным в этом случае считается показатель 0,4. Нехватка или избыток ионов, или повышенный коэффициент униполярности говорят о том, что в помещении созданы вредные условия труда.

Для улучшения экологии среды обитания человека используется как естественная, так и искусственная ионизация воздуха. Естественная аэроионизация воздуха происходит в местах протекания природных явлений. Для искусственной аэроионизации применяются специальные устройства - ионизаторы, генерирующие главным образом отрицательно заряженные ионы. Например, одним из методов искусственной ионизации является создание мощного потока ионов посредством электрического поля высокой напряжённости.

Предполагается, что лечебное воздействие аэроионов на организм человека связано с их повышенной химической активностью. Наибольшую реакционную способность приобретают молекулы кислорода, приобретающие отрицательный заряд, и молекулы углекислого газа, получающие положительный заряд. При этом лечебный эффект оказывается при воздействии главным образом отрицательно заряженных ионов. Например, для ускорения заживления ран и оказания болеутоляющего воздействия может применяться местная искусственная аэроионотерапия. При этом струю ионизированного воздуха направляют на повреждённый участок.

Аэроионы кислорода действуют на внутренний электрообмен и физико-химические процессы в организме. Они снижают уровень холестерина, содержащегося в крови, изменяют тонус гладкой мускулатуры сосудов, положительно сказываются при лечении бессонницы, на чувствительность людей к изменениям погоды и магнитным бурям.

Установлено, что отрицательно заряженные ионы оказывают тонизирующее действие на работу нервной системы, вследствие чего человек начинает чувствовать прилив сил, у него снижается усталость и увеличивается работоспособность. Длительное пребывание в природных условиях с повышенной ионизацией воздуха может иметь профилактическое значение.

Если аэроионов мало, мозг воспринимает это как сигнал тревоги, человек испытывает стресс, так же тело реагирует на избыток заряженных частиц.

Нормальное содержание ионов активизирует работу эритроцитов — красных клеток крови, которые переносят в ткани кислород. Благодаря этому улучшаются обменные процессы, человек лучше переносит нагрузки, успешнее сопротивляется инфекциям.

Дополнительная ионизация воздуха противопоказана при ряде заболеваний. Она утяжеляет течение вирусных инфекций, дает излишнюю нагрузку на дыхательную систему у больных бронхиальной астмой, противопоказана онкологическим больным и людям, недавно перенесшим инфаркт или инсульт, общей истощенности организма.

Медики, работающие в кабинетах с рентгеновской установкой, получают основной вред не от рентгеновского излучения, а именно от ионизированного воздуха: под самими лучами врачи и медсестры не работают, их воздействие прекращается сразу после выключения установки. А вот большое количество заряженных ионов остается. Выделяемый в большой концентрации озон разрушает здоровые клетки организма.

Лишь в 1959 году, когда Чижевский А. Л. в Карагандинской областной больнице провел лечение аэроионотерапией 1200 пациентов, имеющих различные заболевания, и его открытие приобрело всеобщее признание.

В настоящее время для ионизации и озонирования воздуха применяются различные устройства, отличающиеся своими функциональными возможностями и эффективностью. Они могут обеспечить в квартире комфортный и здоровый микроклимат, избавив воздух от аллергенов, болезнетворных бактерий, микроорганизмов, пыли.

Например, ионизатор электроэффлювиальной люстры Чижевского для освежения воздуха в помещении, содержащий крепление-изолятор, каркас с остриями в виде игл, которые одним концом электропроводно соединены с каркасом, отличающийся тем, что для подачи кислорода в зону ионизации применен газовый редуктор, каркас с остриями помещен в диэлектрическую сверху газонепроницаемую полусферу-экран, охватывающую своим объемом все окончания остриев, выполненных из веток деревьев хвойных пород [3].

Ионизатор работает следующим образом. Кислород поступает в объем, охватываемый полусферой-экраном люстры, посредством газового редуктора, вытесняет грязный воздух помещений из объема, охватывающего окончания острий иглол и веток деревьев, где находится зона ионизации. Зона ионизации находится под высоковольтным отрицательным потенциалом генератора и создает направленное по электрическому полю цепи генератора движение отрицательно заряженных ионов кислорода в комбинациях,

существующих над лесными массивами хвойных боров – т.н. фито «электронный ветер», который не допускает попадание загрязненного воздуха помещений в зону ионизации, к окончаниям острий.

Недостатком вышеописанного ионизатора является создание поля коронного разряда для приобретения заряда взвешенных в воздухе частиц, что также является следствием озонирования очищаемого воздуха и вторичной ионизации кислорода воздуха. Озонация и вторичная ионизация кислорода воздуха в концентрациях, превышающих предельно допустимые нормы в несколько десятков раз, создают вредные и некомфортные условия пребывания человека и животных в обрабатываемом помещении.

Для кондиционирования и очистки воздуха в бытовых и производственных условиях в допустимых санитарных нормах используются электростатические фильтры, имеющие корпус, содержащий входное и выходное окна, фильтр и вентилятор. В корпусе образована камера облучения, имеющая блок электростатической зарядки (эмиттер) и блок осаждения заряженных частиц (осадительный электрод). Внутренняя поверхность корпуса и камеры облучения покрыта материалом, отражающим световое излучение, а осадительный электрод и эмиттер выполнены из материала или покрыты материалом, химически инертным по отношению к веществам атмосферного воздуха [4].

Эмиттер выполнен в виде игольчатых, проволочных, порошковых и других видов структур, имеющих минимальный радиус кривизны поверхности, что позволяет значительно уменьшить эффективную работу выхода электрона. Осадительный электрод имеет отверстия для прохождения воздуха. Поскольку осадительный электрод, соединенный с положительным потенциалом источника напряжения, заземлен, то устройство обогащает проходящие через него воздух отрицательными аэроионами, вследствие того, что поверхность Земли заряжена отрицательно в северном ее полушарии.

Электростатический фильтр работает следующим образом. Воздух, забираемый из помещения через входное окно, очищается от пыли в фильтре очистки воздуха общего назначения. Далее он проходит через входные воздухопроводные лабиринты и поступает в камеру облучения.

В камере облучения молекулы кислорода, углекислого газа, воды, а также твердые частицы, споры, микроорганизмы,

атомы, молекулы и ионы многих вредных веществ заряжаются и перезаряжаются эмиссионными электронами поставляемые эмиттером. Далее они разряжаются и адсорбируются на осадительном электроде, а молекулы кислорода, углекислого газа и воды становятся нейтральными.

Очищенный воздух проходит через выходные воздухопроводные лабиринты и под действием вентилятора направляется в помещение.

Данное устройство повышает эффективность очистки и обеззараживая воздуха в помещении, за счет нейтрализации вредных положительно заряженных легких и тяжелых аэроионов воздуха и очищение его от пыли и спор.

Ионизация достигается за счет эмиссии электронов под действием фотоэффекта и подачи напряжения на электроды.

Концентрация ионов и их униполярность измеряется счетчиками аэроионов [5]. Принцип действия счетчиков основан на осаждении аэроионов на электроды аспирационной камеры из продуваемого исследуемого воздуха заданного объема под действием электростатического поля с последующим измерением тока положительного и отрицательного знака.

ЛИТЕРАТУРА

1 Состав аэроионов в воздухе. [Электронный ресурс]. - <https://nortest.pro/stati/aeroionu-v-vozdue.html>.

2 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – СанПиН 2.2.4.1294-03.

3 Ионизатор электроэфлювиальной люстры Чижевского для освежения воздуха в помещении. - Описание изобретения к патенту RU, №2238109, опубл. 20.10.2004, Бюл. № 29.

4 Электростатический фильтр. - Описание полезной модели к патенту RU, №201277 опубл. 01.12.2020, Бюл. № 34.

5 MAC-01. Счетчик аэроионов малогабаритный. – ntm@ntm.ru. [Электронный ресурс]. - https://olmatek.kz/catalog/ecological_monitoring/izmeriteli-elektromagnitnykh-poley-i-izlucheni/mas-01/schetnik-aeroionov-malogaabaritnyy.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

ЖАЛМАГАМБЕТОВА У. К.

PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар
АЛПЫСБАЕВА Д. М.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КРЫКБАЕВА М. С.

магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

Для эффективного управления опасными загрязняющими веществами выбросы должны быть немедленно и точно определены. Поэтому в этом исследовании предложена разработка автоматизированной системы мониторинга в режиме реального времени для всестороннего измерения опасных загрязнителей окружающей среды и управления ими в режиме реального времени [1].

В системе должны быть реализованы следующие функции:

1) сбор информации об окружающей среде в режиме реального времени, обработка и анализ данных производится с помощью процессоров;

2) беспроводная передача данных с возможностью реализовать связь между главным компьютером и подчиненным компьютером;

3) последовательная передача данных, возможность реализовать связь между главным компьютером и сервером;

4) сетевая передача данных, возможность отслеживать состояние окружающей среды через мобильное приложение на большом расстоянии.

5) интеллектуальная сигнализация.

Ключевой частью системы являются удаленная передача и отображение собранных данных. Эта система применяет технологию к встроенной платформе мониторинга среды системы и реализует визуализацию данных узла через встроенный веб-сервер.

В этой статье предложена общая схема беспроводной системы мониторинга окружающей среды.

Задача проектируемой системы заключается в осуществлении контроля над уровнем химических веществ в воздухе:

1. Чтобы обработать показания датчиков и контролировать функциональность, нужно выбрать микроконтроллер. Все показания датчиков будут обрабатываться им и благодаря написанной программе смогут повлиять на функциональность устройства.

2. Для визуальной информации ввода/вывода потребуется дисплей, где можно увидеть все непосредственные параметры устройства.

3. Для регулирования содержания химических веществ в воздухе нужны устройства, которые помогут узнать текущую концентрацию веществ, поэтому в этой работе используется устройство с датчиком газа, который имеет достаточную для задачи чувствительность.

4. Удаленный мониторинг и управление будут осуществляться с использованием радиомостов [2].

Разработка системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сети состоит из разработки аппаратной части и разработки программного обеспечения системы. Рабочая среда для создания приложения настраивается со всеми необходимыми аппаратными компонентами. Затем разрабатывается программное приложение, которое будет полностью протестировано на аппаратной платформе.

Для создания надежной и крепкой системы мониторинга качества воздуха урбанизированных территорий очень важно иметь надежную беспроводную сенсорную сеть, которая будет охватывать все части области.

Радиомост устройство, которое использует радиоволны для подключения беспроводных устройств к интернету. Эта технология позволяет людям, находящимся в отдаленных местах или районах с плохим покрытием связи, подключиться к интернету. Радиомост состоит из двух антенн, одна из которых принимает сигнал от беспроводных устройств, а другая отправляет данные в интернет.

Радиомост представляет собой две точки доступа с мощными антеннами, направленными антеннами, направленными друг на друга. Для корректной работы и высокой скорости соединения необходима правильная установка радиомоста – две точки должны быть точно направлены друг на друга. Добиться этого можно только при помощи специального оборудования.

На сегодняшний день из серии беспроводных точек доступа на и более оптимальным для использования считается семейство AirMax. Который представляет собой целый ряд решений для создания внешних беспроводных сетей любого уровня сложности и конфигурации, от радиомостов и до базовых станций. В зависимости от модели максимальная пропускная способность варьируется в пределах 100 - 500 мбит/с. В каталог данной фирмы содержит

решения использующие самые разные, в том числе нестандартные, частотные диапазоны. Все представленные беспроводные точки доступа airMax работают под управлением операционной системы airOS, которая отличается интуитивно понятным интерфейсом и широким набором инструментария настройки, предоставляя полный доступ ко всем необходимым параметрам. На рисунке 1 представлена конфигурация системы, использующая технологии устройств серии airMAX.

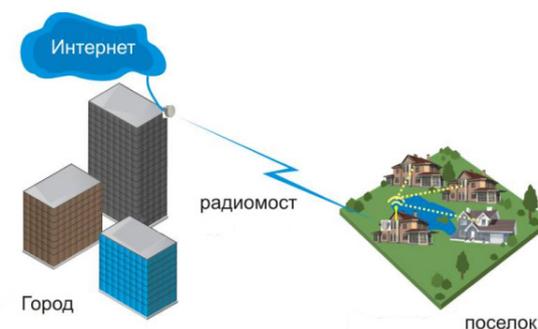


Рисунок 1 – Технологии устройств использующие серии airMAX

Все настройки задаются в специально разработанном интерфейсе и можно начинать работу. Но монтаж устройств на вышках или зданиях требует определенных знаний и специализированно оборудования. Аппаратура не сможет нормально работать без правильной юстировки, то есть точной направленности передающих и принимающих антенн. Ошибка на несколько градусов существенно снижает качество сигнала, поэтому установку антенн лучше поручить профессионалам, обладающим нужным опытом, знаниями и оборудованием для выполнения этой задачи. Питание оборудования осуществляется через кабель Ethernet и осуществляется по технологии PoE. При помощи радиомоста можно создавать магистральные каналы связи широкополосного интернета. Для этого используются мощные радиорелейные станции, которые могут быть использованы провайдерами для передачи данных, поскольку их пропускная способность может достигать 2 Гб/с. Такие станции работают в диапазонах 5 или

24 ГГц. Данные станции представляют собой профессиональное оборудование, настраиваемое специалистами.[3]

Интерфейс удобный в плане настроек (при выборе частот, тип подключения, каналов и т.т.д.)

Существует два основных направления применения беспроводных компьютерных сетей:

Работа в замкнутом объеме (офис, выставочный зал и т.п.);

Соединение удаленных локальных сетей (или удаленных сегментов локальной сети).

Для организации беспроводной сети в замкнутом пространстве применяются передатчики со всенаправленными антеннами. Стандарт IEEE 802.11 определяет два режима работы сети - Ad-hoc и клиент-сервер. Режим Ad-hoc (иначе называемый «точка-точка») - это простая сеть, в которой связь между станциями (клиентами) устанавливается напрямую, без использования специальной точки доступа. В режиме клиент-сервер беспроводная сеть состоит, как минимум, из одной точки доступа, подключенной к проводной сети, и некоторого набора беспроводных клиентских станций. Поскольку в большинстве сетей необходимо обеспечить доступ к файловым серверам, принтерам и другим устройствам, подключенным к проводной локальной сети, чаще всего используется режим клиент-сервер. Без подключения дополнительной антенны устойчивая связь для оборудования IEEE 802.11b достигается в среднем на следующих расстояниях: открытое пространство – 500 м, комната, разделенная перегородками из неметаллического материала – 100 м, офис из нескольких комнат – 30 м. Следует иметь в виду, что через стены с большим содержанием металлической арматуры (в железобетонных зданиях таковыми являются несущие стены) радиоволны диапазона 2,4 ГГц иногда могут вообще не проходить, поэтому в комнатах, разделенных подобной стеной, придется ставить свои точки доступа.

Для соединения удаленных локальных сетей (или удаленных сегментов локальной сети) используется оборудование с направленными антеннами, что позволяет увеличить дальность связи до 20 км (а при использовании специальных усилителей и большой высоте размещения антенн - до 50 км). Причем в качестве подобного оборудования могут выступать и устройства Wi-Fi, нужно лишь добавить к ним специальные антенны (конечно, если это допускается конструкцией). Комплексы для объединения локальных сетей по топологии делятся на «точку-точку» и «звезду».

При топологии «точка-точка» (режим Ad-hoc в IEEE 802.11) организуется радиомост между двумя удаленными сегментами сети. При топологии «звезда» одна из станций является центральной и взаимодействует с другими удаленными станциями. При этом центральная станция имеет всенаправленную антенну, а другие удаленные станции - однонаправленные антенны. Применение всенаправленной антенны в центральной станции ограничивает дальность связи дистанцией примерно 7 км. Поэтому, если требуется соединить между собой сегменты локальной сети, удаленные друг от друга на расстояние более 7 км, приходится соединять их по принципу «точка-точка». При этом организуется беспроводная сеть с кольцевой или иной, более сложной топологией.

Если беспроводная сеть используется для объединения сегментов локальной сети, удаленных на большие расстояния, антенны, как правило, размещаются за пределами помещения и на большой высоте.[4]

В нашем случае используется соединение удаленных локальных сетей, так как будет проводится передача данных 1-24+ км от контроллера до базы мониторинга.



Рисунок 2 – Конфигурация беспроводной сети с объединением сегментов локальной сети и удаленных на большие расстояния антенн.

К проекту есть 2 типа беспроводного подключения, «точка - точка» Point-to-Point (PtP) и «точка - многоточка» Point-to-Multipoint (PtMP).

Основным для приема и передаваемой информации тип подключения будет Point-to-Point (PtP) - беспроводное соединение «точка - точка», предназначенное для прямого обмена данными между двумя устройствами по радиомосту. Данный радиомост будет выполнять передачу данных показателей мониторинга.

Система беспроводного мониторинга подключается к компьютеру через USB. Для конкурентоспособности системы мы должны соответствовать другим доступным профессиональным системами.

Исследования выполнены при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программы ИРН BR21882258 «Разработка комплекса интеллектуальных информационно-коммуникационных систем для экологического мониторинга эмиссий в окружающую среду для принятия решения в концепте углеродной нейтральности».

ЛИТЕРАТУРА

1 Баскаков С.С. Распределенные системы мониторинга на базе беспроводных сенсорных сетей // Сб. науч. тр. конф. «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения». 2012. М. 930 ст.

2 Salikhov, R. B., Abdrakhmanov, V. K., Yumalin, T. T. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller // 2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). 2021. P. 229. IEEE.

3 <https://kazanantenna.ru/article/radiomost>

4 <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=669107>

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D-ПЕЧАТИ В ОБРАЗОВАНИИ

ЖЕРЕБИН Д. В.

студент, Аксуский колледж черной металлургии г. Аксу

ЗАЙНУЛЛИНА Д. Ж.

преподаватель информатики,

Аксуский колледж черной металлургии г. Аксу

Современные технологии играют важную роль в развитии образования, делая процесс обучения более интерактивным и доступным. Одним из наиболее перспективных направлений является использование 3D-моделирования и 3D-печати, которые позволяют учащимся не только изучать теорию, но и применять знания на практике.

Преимущества 3D-моделирования и 3D-печати в образовании

Развитие пространственного мышления – учащиеся осваивают работу с объемными объектами, что способствует лучшему пониманию сложных структур.

Повышение вовлеченности – работа с 3D-моделями делает процесс обучения более увлекательным и мотивирующим.

Практическое применение знаний – возможность создания физических объектов способствует лучшему усвоению материала.

Развитие инженерных и дизайнерских навыков – освоение 3D-моделирования помогает подготовить учащихся к профессиям будущего.

Наглядное представление сложных концепций – учащиеся могут визуализировать структуры, которые трудно понять по двумерным изображениям.

Применение 3D-моделирования в различных дисциплинах

Технические дисциплины (STEM, инженерия, робототехника)

Проектирование механизмов и деталей машин.

Разработка корпусов для робототехники и дронов.

Физика, химия, биология

Создание 3D-моделей молекул, атомов и кристаллических решеток.

Виртуальные анатомические модели органов и систем человека.

Архитектура и дизайн

Проектирование зданий, интерьеров и мебели.

Воссоздание исторических и современных архитектурных объектов.

История и география

3D-реконструкция древних артефактов и исторических объектов.

Моделирование географических карт и рельефа местности.

3D-печать в учебном процессе

3D-принтеры позволяют превращать цифровые модели в физические объекты, что значительно расширяет возможности образования.

Преимущества 3D-печати в обучении

Позволяет тестировать созданные модели на практике.

Экономит средства на приобретение дорогостоящих учебных материалов.

Развивает навыки инженерного проектирования и производства.

Внедрение 3D-технологий в образовательные учреждения

На базе нашего колледжа ведется работа учебно-производственного комбината (УПК) по направлению токарное дело и металлообработка (3D моделирование), а также проводится кружок по информатике. Такие занятия предоставляют участникам уникальные возможности для освоения современных технологий и получения навыков, востребованных на рынке труда.

По окончании курса УПК каждый из них получит специальное свидетельство и обучится новым профессиональным навыкам.

Основные аспекты УПК по 3D моделированию:

Теоретическая подготовка:

-Изучение основ компьютерной графики и 3D-моделирования.

-Знакомство с современными программными инструментами:

Blender, Autodesk Maya, 3ds Max, ZBrush, SolidWorks и другими.

Практическая часть :

-Создание простых трехмерных объектов, их текстурирование и рендеринг.

-Работа с промышленными проектами: моделирование деталей

для

прототипирования, 3D-печати или анимационных студий.

Преимущества УПК по 3D моделированию:

Подготовка к высокотехнологичным профессиям :
3D-моделирование в наше время это очень хороший способ проявить себя и в дальнейшем применить свои теоретические и практические навыки к трудовой деятельности.

Погружение в реальные проекты : Учащиеся могут участвовать в разработке моделей для 3D-печати, инженерных проектов.

Навыки работы в команде : Командная работа над проектами развивает важные коммуникативные навыки и умение работать в коллективе, что особенно важно в современной профессиональной среде.

УПК с помощью 3D-моделирования открывает широкие возможности для профессионального роста учащихся и их успешного развития в технологических отраслях.(см.рис-1)

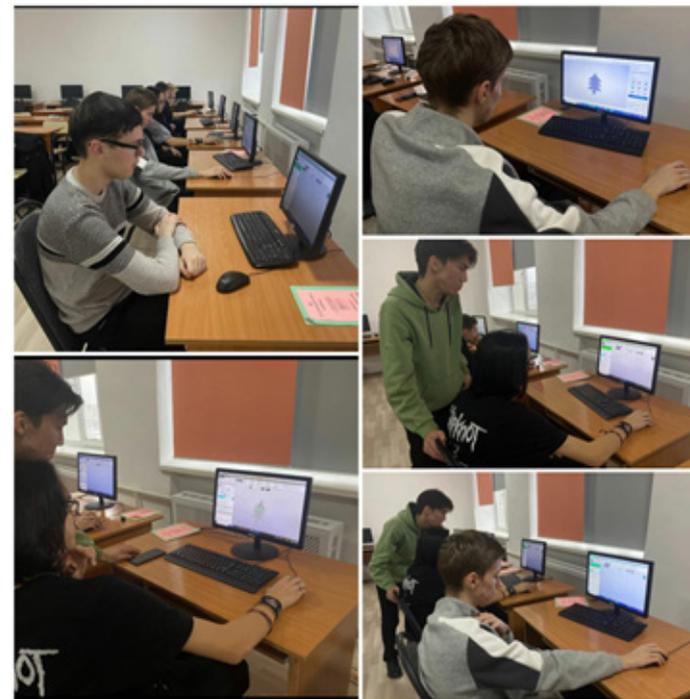


Рисунок 1– Обучение

Учащиеся получают опыт работы в реальных условиях, что позволяет им адаптироваться к производственным процессам. Молодежь может опробовать различные профессиональные роли, что помогает сделать осознанный выбор профессии. Выпускники УПК имеют конкурентные преимущества при трудоустройстве, так как уже обладают необходимыми навыками. (см.рис-2)



Рисунок 2 – готовые работы

3D-моделирование и 3D-печать – это не просто технологическое новшество, а мощный инструмент, который делает образование более доступным, интересным и практико-ориентированным. Их применение в учебном процессе способствует развитию творческого и инженерного мышления у учащихся, помогая им подготовиться к востребованным профессиям будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кулатаева, Ж. А. Перспективы внедрения 3D-технологий в образовательный процесс профессиональных учебных заведений Казахстана. – Алматы: Издательство КазНУ, 2021. — 175 с.

2 Михайлова, А. Е. 3D принтер – технология будущего / А. Е. Михайлова, А. Д. Дошина. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. — № 20 (100). — С. 40–44.

3 Осянина, Л. Д. 3D-печать: существующие возможности и перспективы / Л. Д. Осянина, Г. В. Блинова. – Текст : непосредственный // Юный ученый. – 2022. – № 5 (57). — С. 133-138.

ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ДИФFUЗНОГО ТИПА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ МУСОРА

ЖУМАЛИН Б. К.

студент, Торайгыров Университет, г. Павлодар

ЯРОСЛАВЦЕВ М. В.

к.т.н., Торайгыров Университет, г. Павлодар

В мире быстрым темпом идет развития в разных сферах, но экологическая сфера всегда будет для нас важной и перспективной, так как нанесение вреда окружающей среде оказывает негативное воздействие не только нашему, но и будущему поколению. При вывозе твердо бытовых отходов [ТБО] корректное и точное нахождения контейнеров является трудной задачей. Для этого можно использовать оптический датчик диффузного типа, который будет установлен на контейнер и мусоровоз. Данный метод поможет решить проблему в нашем регионе, а затем и в государстве. Смотря на развитые страны, мы сможем перенять их опыт и воплотить данные технологии у себя. Ведь устойчивое развитие входит в цели ООН.

Применение оптических датчиков диффузного типа для определения расстояния до мусорных контейнеров в жилых районах и на производстве позволяет автоматизировать процессы управления отходами, повысить точность мониторинга и улучшить логистику.[1]

Принцип работы оптического датчика. Диффузные оптические датчики (рисунок 1) измеряют расстояние до объектов, анализируя интенсивность отраженного светового сигнала (обычно инфракрасного). Когда световой луч достигает контейнера и отражается от его поверхности, датчик вычисляет расстояние на основе времени прохождения сигнала или угловых параметров.

В жилых районах помогает улучшить систему сбора отходов и повысить ее эффективность.

1. Мусоровозы, оборудованные датчиками, могут автоматически обнаруживать контейнеры на расстоянии, даже если они частично скрыты.

2. Датчики помогают корректно подъехать к контейнеру, тем самым минимизируя повреждения инфраструктуры.

3. Система может рассчитывать оптимальное расстояние для забора контейнера, снижая время на маневры.

4. Контейнеры, расположенные на открытых площадках, могут быть легко идентифицированы, даже в условиях ограниченной видимости (например, ночью или в плохую погоду).

Преимуществами оптических датчиков являются:

Снижение времени на сбор мусора

Увеличение точности работы в условиях плотной городской застройки

Снижение вероятности пропуска контейнеров

На производственных объектах помогают автоматизировать процессы и повысить безопасность [2].

Датчики фиксируют расстояние до контейнера и помогают точно позиционировать оборудование для его загрузки.

На больших территориях датчики помогают оператору обнаруживать контейнеры, даже если они перемещены с исходного места.

Могут предотвращать столкновения оборудования с контейнерами или другими объектами, обнаруживая их на расстоянии.

Преимущества:

Снижение риска повреждений оборудования.

Автоматизация процессов загрузки/разгрузки.

Увеличение производительности работы.

Преимущества технологии

1. Высокая точность. Оптические датчики позволяют измерять расстояния с миллиметровой точностью.

2. Быстрая реакция. Мгновенное определение расстояния до объекта даже в движении.

3. Энергоэффективность. Датчики потребляют минимальное количество энергии.

Устойчивость к внешним условиям. Работают при разных уровнях освещения и температур.

Проблемы и ограничения

Чувствительность к загрязнениям. Пыль, грязь или снег могут ухудшить работу сенсоров, требуя регулярного обслуживания.

Ограничение на отражающие поверхности. Мусорные контейнеры с низкой отражательной способностью могут уменьшать точность измерений.

Стоимость. Установка качественных датчиков на большое количество техники может быть дорогостоящей.

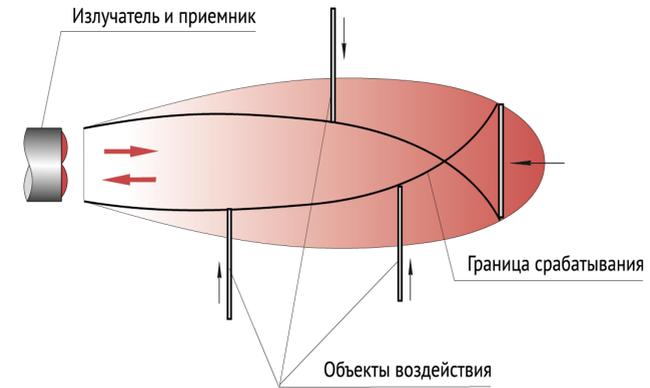


Рисунок 1 – принцип действия оптического датчика

Такие решение уже есть в США, Китае и в Европе [3].

Городские системы управления отходами в развитых странах, таких как Германия и Швеция, активно используют мусоровозы, оснащенные оптическими датчиками. Датчики, установленные на мусоровозах, сканируют окружающую среду, чтобы определить точное расстояние до контейнера. Система помогает водителю правильно подъехать к контейнеру, особенно в сложных условиях — узкие улицы, припаркованные машины и низкая освещенность.

В Финляндии система Smart Waste Management использует оптические датчики для мониторинга расстояния до крышки контейнера. Когда мусоровоз подъезжает, датчики определяют расстояние до контейнера, автоматически открывая крышку или позиционируя его для захвата роботом. В США и Китае, оптические датчики применяются для управления промышленными отходами. На заводах автомобильной промышленности датчики устанавливаются на передвижных погрузчиках и роботизированных манипуляторах. Они помогают определить расстояние до контейнера для точного захвата и выгрузки отходов [4].

На сортировочных линиях отходов в Японии и Южной Корее используется комбинация оптических датчиков. Датчики определяют расстояние до контейнеров на конвейерах и направляют их в нужную зону для сортировки. Системы адаптируются под разные типы контейнеров и материалов. В результате получаем:

Ускорение процесса сортировки.

Снижение ошибок при транспортировке отходов.

Amazon Robotics в своих центрах использует автоматические устройства для перемещения отходов на специальные площадки. Оптические датчики помогают роботам определить расстояние до контейнеров, избегать столкновений и точно их позиционировать.

Требования к датчику, который нужен для данной цели:

- Высокая точность распознавания;
- Удобен в установке и использовании;
- Работает при плохой освещенности;
- Имеет многостороннее применение;
- Возможность работы с IoT и другими технологиями.

Для данной работы мы можем использовать оптический датчик модельного ряда LR-TB5000 (рисунок 2), который можно устанавливать разными способами и может распознать любые объекты вне зависимости от цвета, материала или поверхности. Технология Lichtlaufzeit обеспечивает стабильное обнаружение на больших расстояниях без ограничений из-за поверхности материала или цвета. Благодаря настраиваемому “световому указателю” гарантируется стабильное распознавание на неровных или сетчатых поверхностях. Этот датчик имеет дальность распознавания от 60 до 5000 мм. [4] Можно выделить следующие три преимущества данного датчика:

Высокая точность распознавания, не зависящая от материала и поверхности;

Удобный в использовании;

Способен распознавать разные виды объектов.

Выбранный тип датчика полностью отвечает предъявляемым для выбранной области применения требованиям. Его основным недостатком является высокая стоимость, которая составляет около 600 евро.

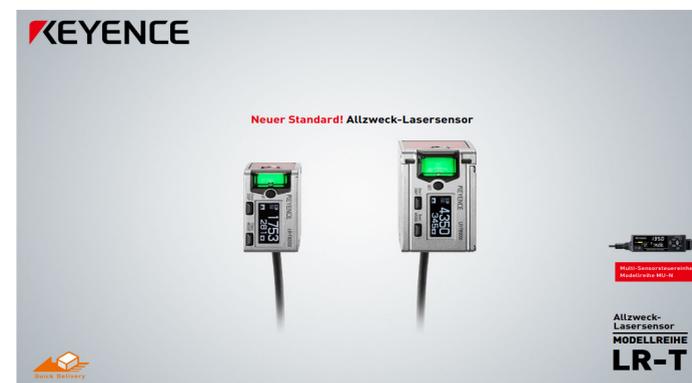


Рисунок 2. – Оптический датчик Keyence

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Диффузные оптические датчики <https://teko-com.ru/katalog/diffuznie-opticheskie-datchiki/> [дата обращения 24.01.2025]
- 2 Датчики расстояния https://www.pepperl-fuchs.com/global/de/classid_53.htm [на англ. яз.] [дата обращения 24.01.2025]
- 3 Управление отходами в Германии <https://ecomg.ru/press-center/articles/upravlenie-otkhodami-v-germanii/> [дата обращения 24.01.2025]
4. Оптические сенсоры <https://www.keyence.de/products/sensor/photoelectric/lr-t/> [на нем.яз.] [дата обращения 04.02.2025]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

ЗАЙЦЕВА Н. М.

д.т.н. РФ, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

БЕРДЮГИН Г. В.

студент, Торайгыров университет, г.Павлодар

Математическая теория нечетких множеств и нечеткая логика [1,2] являются обобщениями классической теории множеств и формальной логики. Этот аппарат включает в себя нечеткость и неопределенность выражений и прекрасно подходит для решения сложных процессов, в которых данные, цели и ограничения являются

слишком сложными или неопределенными, что недопускает точного анализа.

Такую ситуацию можно наблюдать в различных технологических аппаратах, применяемых в современном производстве [3, 4]. Кроме того, сами производства имеют сложные автоматизированные технологические процессы, параметры которых меняются во времени, и требуется постоянная корректировка режимов их работы.

Преимущества fuzzy-систем по сравнению с другими:

- 1) Работа с изменяющимися во времени данными, что особенно актуально для динамических процессов;
- 2) Формализация критериев оценки с учетом неопределенности, включая такие категории, как «большинство», «вероятно», «предпочтительно»;
- 3) Учет степени достоверности входных данных, повышающий надежность расчетов;
- 4) Оперативное моделирование сложных систем и их анализ с необходимой точностью;

То есть, во-первых, не тратится много времени на выяснение точных значений переменных и составление описывающих уравнений, во-вторых, оцениваются разные варианты выходных значений.

Нечеткое моделирование выполняется по следующим этапам:

- 1) Анализ факторов, влияющих на исследуемый процесс;
- 2) Формирование структуры модели;
- 3) Проведение вычислительных экспериментов и анализ полученных данных;
- 4) Использование полученных результатов;
- 5) Корректировка модели на основе новых параметров.

Применение экспертных знаний в виде нечетких правил (например, «высокая концентрация реагента», «умеренная температура», «низкий уровень давления») способствует созданию моделей, максимально приближенных к реальным производственным процессам.

Преимущества fuzzy-систем по сравнению с другими:

- 1) Возможность оперировать нечеткими данными: например, непрерывно изменяющимися во времени значениями (динамические задачи), которые невозможно задать однозначно;
- 2) Возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения: оперирование критериями «большинство», «возможно», «преимущественно» и т.д.;

3) Возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выходных результатов: оперируются не только значения данных, но и их степень достоверности;

4) Возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительного анализа с заданной степенью точности, оперируя принципами поведения системы, описанными fuzzy-методами.

То есть, во-первых, не тратится много времени на выяснение точных значений переменных и составление описывающих уравнений, во-вторых, оцениваются разные варианты выходных значений.

Нечеткое моделирование выполняется по следующим этапам:

- 1) анализ факторов, создающих проблемную ситуацию в системе;
- 2) структуризация этой ситуации и построение нечеткой модели;
- 3) выполнение вычислительных экспериментов или наблюдений с нечеткой моделью;
- 4) использование полученных результатов;
- 5) корректировка и доработка полученной модели.

Использование нечеткости при построении условных высказываний позволяет формально включать в них знания экспертов, выраженные вербальными категориями, например, «высокая концентрация реагента», «низкая температура», «среднее давление», «влажно», «сухо», «сильно влажно» и т.п. В результате удается получить модель представления данных об объекте, отражающую его поведение при изменении влияющих на него параметров.

Одним из основных инструментов нечеткой логики является понятие функции принадлежности параметра решаемой задачи какому-либо интервалу на численной оси значений этого искомого параметра, которая обладает тем свойством, что в любой точке этой

оси выполняется условие:

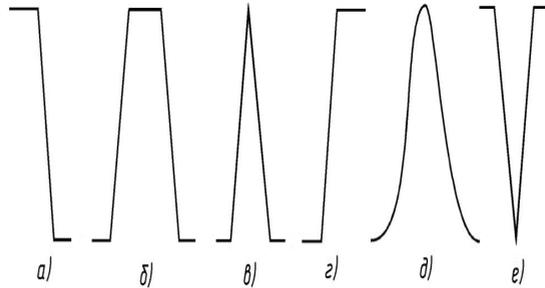


Рисунок 1 – Стандартные функции принадлежности

Стандартные функции принадлежности показаны на рисунке

1. Данные функции могут быть легко применимы к решению большинства задач.

Функция принадлежности Гауссова типа [1, 2] (рисунок 1,д), имеет вид

$$\mu(v) = \exp\left[-\left(\frac{v - \sigma_{\phi}}{\delta_{\phi}}\right)^2\right] \quad (1)$$

Она оперирует двумя параметрами. Параметр σ_{ϕ} обозначает центр нечеткого множества, а параметр δ_{ϕ} отвечает за крутизну функции.

На 4-м этапе – при необходимости – находится четкое значение выходной переменной, к примеру, с применением центроидного метода [2]: четкое значение выходной переменной определяется как центр тяжести для кривой :

$$w_0 = \frac{\int w \mu_{\Sigma}(w) dw}{\int \mu_{\Sigma}(w) dw} \quad (2)$$

Таким образом, математический аппарат нечеткой логики может быть использован при нечетко определенных данных с получением четкого результирующего значения. Это позволяет строить модели, которые наиболее адекватно отражают различные аспекты неопределенности при расчете сложных задач.

Одним из примеров такой сложной задачи, для решения которой невозможно было разработать модель управления на всем

временном промежутке и для всех режимов функционирования, стала задача управления технологическим процессом получения глинозема, сырья для электролитического производства алюминия. Глинозем (гидрооксид алюминия, химическая формула Al_2O_3) получают на крупнотоннажных производствах гидрохимическим способом Байера путем его извлечения с помощью горячего раствора щелочи из бокситов (сырье). Затем, полученную пульпу многократно промывают с целью выделить растворенный Al_2O_3 , а затем охлаждают в специальных печах в присутствии катализатора, чтобы получить требуемый продукт.

Моделировалась с помощью нечеткой логики скорость реакции разложения раствора K_d на составляющие [5,6]. Величина K_d имеет сложную зависимость от трех параметров: температуры, концентрации щелочи и площади поверхности катализатора. Для упрощения проделанных вычислений данная скорость K_d была представлена нечеткой величиной, определяемой с помощью теории нечетких множеств.

Задача определения K_d на основе нечеткой логики [1,2] была выполнена в четыре этапа. На первом этапе определены функции принадлежности для каждого из параметров в виде треугольной (Л) функции: для параметра T_d – «температура», правило I:

$$\mu_T = \begin{cases} 0 & \text{при } T_d < 30^\circ\text{C} \\ \frac{T_d - 30}{15} & \text{при } 30^\circ\text{C} \leq T_d < 45^\circ\text{C} \\ 1 - \frac{T_d - 45}{15} & \text{при } 45^\circ\text{C} \leq T_d < 60^\circ\text{C} \\ 0 & \text{при } T_d \geq 60^\circ\text{C} \end{cases} \quad (3)$$

для параметра B_8 – «концентрация щелочи Na_2O_k », правило II:

$$\mu_{B_8} = \begin{cases} 0 & \text{при } B_8 < 5\% \\ \frac{B_8 - 5}{20} & \text{при } 5\% \leq B_8 < 25\% \\ 1 - \frac{B_8 - 25}{20} & \text{при } 25\% \leq B_8 < 45\% \\ 0 & \text{при } B_8 \geq 45\% \end{cases} \quad (4)$$

для параметра S – «площадь поверхности катализатора», правило III:

$$\mu_s = \begin{cases} 0 & \text{при } S < 0.6 \\ \frac{S-0.6}{1.6} & \text{при } 0.6 \leq S < 2.2 \\ 1 - \frac{S-2.2}{1.6} & \text{при } 2.2 \leq S < 3.8 \\ 0 & \text{при } S \geq 3.8 \end{cases} \quad (5)$$

На втором этапе находились степени истинности для каждого параметра при конкретных текущих значениях температуры декомпозиции раствора T_d , концентрации щелочи B_8 и площади поверхности катализатора S . То есть, был сформирован логический вывод при задании значений значений T_d , B_8 , S в течении технологического процесса, что делается, как статически, так и динамически, в зависимости от сложности построения модели технологического процесса.

На третьем этапе все нечеткие подмножества, назначенные к каждой переменной, объединяются вместе, чтобы формировать одно нечеткое подмножество для переменной вывода. В данном случае, на рисунке 2 это неправильный восьмиугольник.

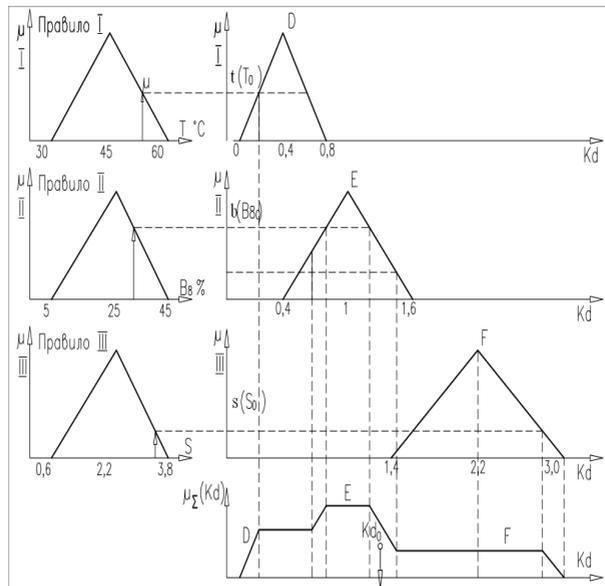


Рисунок 2. – Иллюстрация к решению задачи определения коэффициента скорости реакции на основе использования теории нечеткой логики

Иллюстрация получения четкого вывода посредством нечетких правил при решении нечеткой задачи определения скорости реакции выделения глинозема из горячего щелочного раствора

На четвертом этапе вычисляется численное значение скорости реакции с помощью выражения
$$K_d = \frac{\int K_d \mu_{\Sigma}(K_d) dK_d}{\int \mu_{\Sigma}(K_d) dK_d}$$

Ход решения задачи представлен рисунком 2. Затем в модель был введен идентифицирующий параметр, который корректирует кинетическую константу под реальный процесс.

С помощью представленной нечеткой модели была решена задача поиска энергоэффективного режима функционирования глиноземного производства [6]. На рисунке 3 представлены графики решения задачи поиска энергоэффективного технологического режима работы глиноземного производства.

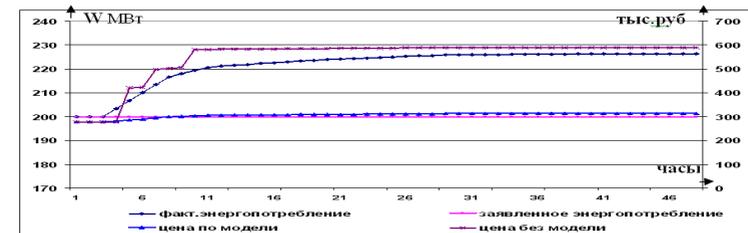


Рисунок 3. – Иллюстрация экономической эффективности предлагаемой нечеткой модели поиска энергоэффективного режима функционирования глиноземного производства на основе нечеткой логики

Анализ графиков энергопотребления глиноземного производства при режимах, рекомендуемых нечеткой моделью и ранее существовавших, усредненных [6], позволяет сделать вывод, что применение разработанной модели прогнозирования электропотребления при изменении внешних воздействий позволяет составить заявку на потребление энергии заранее и таким образом избежать штрафных тарифов при оплате электроэнергии, то есть увеличивает эффективность всего производства в целом.

Использование методов нечеткой логики в автоматизированных системах управления технологическими процессами позволяет повысить надежность, гибкость и эффективность работы

оборудования. Это особенно важно для предприятий с высокими требованиями к точности и стабильности технологических параметров. Внедрение подобных технологий открывает новые перспективы для автоматизации промышленных производств, обеспечивая высокую точность выполняемых операций.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165с.
- 2 Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы /Пер. с пол. И.Д. Рудинского. /Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 452с.
- 3 Недосекин А. О., Абдулаева З.И., Макаренко Д.П. Нечётко-вероятностная модель для оценки рисков ответственных технических систем. Информатика и космос №1. Раздел Информатика, вычислительная техника и управление. – 2018. – №1. – С.92-97
- 4 Синявская Е. Д. Анализ точности работы нечеткой модели и оптимизация ее параметров на примере управления температурой в хлебопекарной камере. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь, наука, инновации», Грозный, 2013. с.95-100.
- 5 Манусов, В. З. Определение коэффициента уравнения кинетики разложения раствора в гидрохимическом производстве на основе нечеткой логики./ В.З. Манусов, Н.М. Зайцева //Научный вестник НГТУ. – 2016. – №3. – С.7-15
- 6 Zaytseva, N.M. Modeling of power consumption by nonlinear inertial production / Z.N. Mikhaylovna // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, (MEACS), Russia, Tomsk. 4 p.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ АУМА: ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРМАТУРОЙ

ИСАБЕКОВ Ж. Б.
PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОКОБАЕВ Ч. М., ЖҰМАҒҰЛ Д. Б.
магистранты, Торайгыров университет, г. Павлодар

Введение. В современном промышленном мире автоматизация играет ключевую роль в повышении эффективности и надежности технологических процессов. Одним из ведущих производителей электроприводов для промышленной арматуры является компания АУМА, предлагающая широкий спектр решений для различных отраслей. Особое внимание заслуживают интеллектуальные электроприводы АУМА, сочетающие в себе передовые технологии и высокую функциональность.

Электропривод Аума. АУМА предлагает разнообразные типы электроприводов, адаптированные под специфические требования различных отраслей:

- многооборотные электроприводы: предназначены для автоматизации задвижек и затворов. Диапазон крутящего момента варьируется от 10 Нм до 32 000 Нм, что позволяет подобрать оптимальное решение для конкретного применения.
- неполнооборотные электроприводы: используются для управления арматурой с углом поворота менее 360°, например, дисковыми затворами и шаровыми кранами. Диапазон крутящего момента составляет от 50 Нм до 2 400 Нм;
- прямоходные приводы: в комбинации с прямоходным модулем LE обеспечивают возвратно-поступательное движение, необходимое для автоматизации прямоходных клапанов. Усилие привода варьируется от 4 кН до 217 кН.

Интеллектуальные блоки управления. Ключевой особенностью электроприводов АУМА является возможность оснащения их интеллектуальными блоками управления, такими как серии АС и АМ. Эти блоки обеспечивают:

- локальное и дистанционное управление: после подачи питания приводом можно управлять непосредственно с панели управления или через систему диспетчеризации;

– гибкость настройки: все параметры привода могут быть настроены непосредственно на месте без необходимости подключения к внешним системам управления;

– быстроедействие: переключение режимов работы электродвигателя осуществляется самим устройством практически без задержек, что повышает оперативность управления технологическими процессами.

Преимущества интеллектуальных электроприводов AUMA. Интеграция интеллектуальных блоков управления в электроприводы AUMA предоставляет ряд существенных преимуществ:

– упрощение проектирования и монтажа: отсутствие необходимости в дополнительных внешних средствах управления снижает сложность проектных решений и ускоряет процесс установки оборудования;

– повышенная надежность: встроенные системы диагностики и самоконтроля позволяют своевременно выявлять и устранять возможные неисправности, что снижает риск аварийных ситуаций;

– экономическая эффективность: модульная конструкция электроприводов позволяет гибко адаптировать их под конкретные задачи без необходимости приобретения избыточных опций, что оптимизирует затраты.

Электроприводы AUMA находят широкое применение в различных секторах промышленности:

– водоснабжение и водоотведение: управление потоками воды на очистных сооружениях, водоподготовительных установках и системах распределения воды;

– энергетика: автоматизация арматуры на электростанциях, включая тепловые и атомные, для эффективного управления потоками пара и воды;

– нефтегазовая промышленность: управление трубопроводной арматурой на нефтеперерабатывающих заводах и в системах транспортировки газа и нефти.

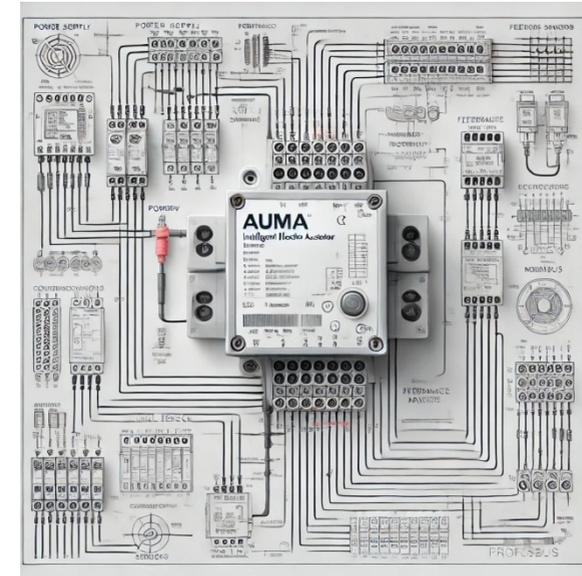


Рисунок 1 – Схема подключения интеллектуального электропривода AUMA

Представленная схема подключения демонстрирует основные электрические соединения для работы интеллектуального электропривода AUMA. Электропривод AUMA требует подключения к источнику питания с соответствующими параметрами (обычно 380 В AC или 24 В DC, в зависимости от модели). В схеме показаны клеммы для ввода питания, которые необходимо соединить с питающей сетью через защитный автоматический выключатель.

Для работы электропривода необходимо подавать управляющие сигналы от системы автоматизации (например, ПЛК – программируемого логического контроллера).

Сигнал «Открыть» – активирует движение арматуры в сторону открытия.

Сигнал «Закрыть» – приводит к закрытию запорной арматуры.

Сигнал «Стоп» – останавливает электропривод в текущем положении.

Электропривод AUMA оснащён датчиками положения, которые передают информацию о состоянии арматуры в систему управления:

– концевые выключатели «Открыто» и «Закрото» – фиксируют крайние положения арматуры.

– потенциометр/энкодер – передаёт точное положение заслонки или клапана в процентах.

Многие интеллектуальные приводы AUMA поддерживают цифровые протоколы связи для интеграции в автоматизированные системы управления. На схеме показаны возможные интерфейсы:

– Modbus RTU – стандартный протокол для передачи данных через последовательную связь (RS-485);

– Profibus DP – популярный промышленный протокол для соединения с ПЛК;

– HART – двухпроводная система для передачи данных поверх аналогового сигнала.

На схеме предусмотрены элементы, позволяющие переключаться между автоматическим (управление через систему АСУ ТП) и ручным режимом (локальное управление с панели привода). В ручном режиме оператор может управлять приводом с помощью кнопок или поворотного механизма.

Для обеспечения безопасной работы предусмотрены предохранители и реле защиты от перегрузки. В случае аварии привод может отправлять сигнал тревоги в систему управления.

Заключение. Интеллектуальные электроприводы AUMA представляют собой передовые решения в области автоматизации промышленной арматуры. Благодаря сочетанию надежности, гибкости и высоких технологий, они способствуют повышению эффективности и безопасности технологических процессов в различных отраслях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Анучин, А. С. Системы управления электроприводов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 373 с.

2 Бекишев, Р. Ф. Электропривод: Учебное пособие для академического бакалавриата. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 301 с.

3 Бурков, А. Ф. Основы теории и эксплуатации судовых электроприводов: Учебник. – СПб.: Лань, 2018. – 340 с.

4 Бурков, А. Ф. Судовые электроприводы: Учебник. – СПб.: Лань, 2019. – 372 с.

5 Васильев, Б. Г. Электропривод Энергетика электропривода: Учебник. – М.: Солон-пресс, 2015. – 268 с.

6 Васильев, В. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 268 с.

7 Епифанов, А. П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие / А. П. Епифанов, А. Г. Гушинский, Л. М. Малайчук. – СПб.: Лань, 2016. – 224 с.

8 Курбанов, С. А. Основы электропривода: Учебное пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова. – СПб.: Лань I, 2016. – 192 с.

9 Москаленко, В. В. Системы автоматизированного управления электропривода / В. В. Москаленко. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 208 с.

10 Москаленко, В. В. Системы автоматизированного упр. электропривода: Уч. – М.: Инфра-М, 2018. – 576 с.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГАЗОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

МУХАНОВ Б. К.

к.т.н., доцент, ассоц. профессор, КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, г. Алматы
ДЖАЙЛАУБЕКОВ А. А.

магистрант, КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

Газовая компрессорная станция – это самое надежное техническое устройство для перемещения природного газа на большие расстояния. То, насколько эффективно такая станция управляется, играет прямую роль в энергоэффективности и надежности любого предприятия или участка трубопровода. В современных реалиях также ключевую роль играет и экологическая составляющая.

По этой причине особенно актуальным становится расчет и применение передовых методов управления технологическими процессами посредством влияния на параметры температуры, давления и производительности. Традиционно используемые системы управления безусловно являются более бюджетными и привычными, однако зачастую более подвержены внешним воздействиям, менее управляемы и ограничены присутствием нелинейных зависимостей между параметрами технологического процесса. Ко всему вышеперечисленному прибавляется высокий процент ложных срабатываний аварийной сигнализации, достигающий вплоть до трети случаев, а также значительные потери газа из-за несвоевременной корректировки давления. Среднее

время реакции на отклонения в параметрах работы составляет от двух до пяти минут, что недопустимо в современных условиях, где важна оперативность управления. Задача автоматизации состоит в реализации системы, обеспечивающей точность регулирования и возможность перманентного анализа данных для оперативного принятия решений.

Цель данной работы – это исследование проблемных аспектов методов регулирования и разработка эффективной автоматической системы управления газовой компрессорной станцией.

Типовая газовая компрессорная станция состоит из двух и более компрессоров, в свою очередь состоящих из надежного основания, подавляющего шум и вибрацию от работы станции, двигателя, питающего компрессор, механической передачи, компрессора и ресивера, где далее накапливается газ под высоким давлением. Подобный компрессор показан на Рисунке 1.

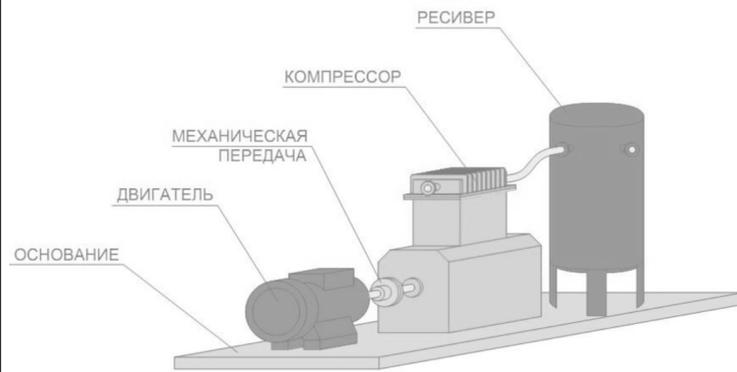


Рисунок 1 – Газовый компрессор

Современные исследования в области автоматизации газовых компрессорных станций сконцентрированы на создании интеллектуальных систем управления, использующих методы искусственного интеллекта, следовательно и машинного обучения. Адаптивные ПИД-регуляторы – наилучшее текущее решение, позволяющее снижать амплитуду колебаний технологических параметров (Zhong et al., 2021). Кроме того, популярно и применение прогностического управления с помощью нейромоделирования,

которое учитывает динамическое состояние системы и изменения технологической нагрузки (Smith, 2020).

Иные авторы (Иванов, 2018) подчеркивают важность применения встроенных датчиков и систем мониторинга для оценки состояния оборудования и предотвращения аварийных ситуаций. Такие системы позволяют оперативно обнаруживать отклонения от нормы и в реальном времени корректировать параметры работы компрессоров. Результаты многочисленных исследований показывают, что автоматизация технологических процессов на основе интеллектуальных методов позволяет увеличить энергоэффективность вплоть до 15 % и ресурсное использование оборудования до 20 % (Jones et al., 2023).

В статье будет предложено два типа решений, основанных на адаптивном ПИД-регуляторе:

Первое из предложенных решений базируется на интеграции современных датчиков и алгоритмов управления. Структура системы включает использование высокоточных MEMS-сенсоров давления и ультразвуковых расходомеров, позволяющих оперативно фиксировать изменения параметров потока газа. Основным элементом управления является ПИД-регулятор, выражающийся в Формуле 1.

$$U(t) = K_P * e(t) + K_I * \int e(t)dt + K_D * \frac{de(t)}{dt}$$

Формула 1 – ПИД-регулятор

Кроме того, применяется адаптивная логика, основанная на модели ARIMA, для прогноза нагрузок и обеспечения корректировки параметров в режиме реального времени. Тестовой нагрузкой является скачок давления от 50 до 70 бар. Сравнения методов управления приведены на Рисунке 2.

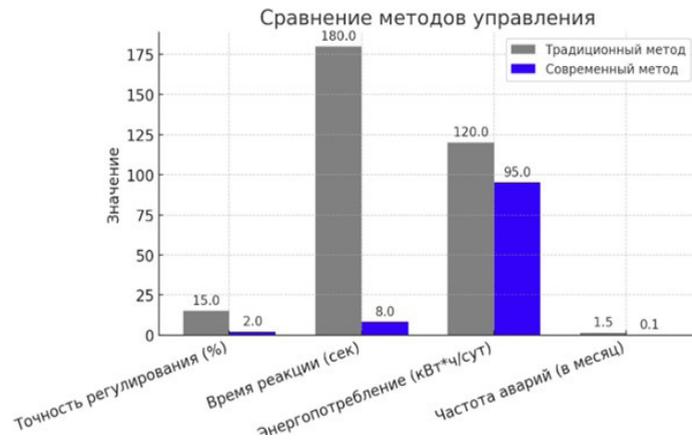


Рисунок 2 – Сравнение методов регулирования

Из рисунка с выводами выше следует, что при использовании данного метода значительно снижается время реакции, а также другие параметры – точность и энергопотребление. Наиболее важно – риск аварий на станции уменьшается в 15 раз.

Второй подход решения основывается на использовании адаптивных регуляторов с обратной связью: ПИД-регулятор с коэффициентами, адаптируемыми на основе текущих данных датчиков давления и температуры. Также рассматривается внедрение нейросетевых алгоритмов. В Таблице 1 приведены режимные параметры работы типовой газокompрессорной станции.

Таблица 1 – Режимные параметры работы газокompрессорной станции

Параметр	Единица измерения	Значение
Входное давление	МПа	5,2
Выходное давление	МПа	7,5
Температура газа		35
Расход газа		120000

При корректном применении системы автоматического регулирования газокompрессорной станции с помощью второго метода решения с адаптивным ПИД-регулятором выходит разница в эффективности, показанная в Таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность до и после внедрения автоматизации

Показатель	До автоматизации	После автоматизации
Средний уровень энергозатрат	85% мощности	70% мощности
Уровень потерь газа	12%	5%

Как видно по таблице выше, внедрение системы автоматического регулирования с помощью адаптивного ПИД-регулятора и отрицательной обратной связи существенно сказывается на эргономичности и сокращении убытков, вызванных потерями газа.

Вывод: Система автоматического регулирования снижает эксплуатационные расходы на четверть, повышает надежность и исключает человеческие ошибки. Основные преимущества автоматизации включают снижение энергопотребления, сокращение операционных затрат и повышение скорости адаптации системы к изменяющимся условиям эксплуатации. Разработанная архитектура системы автоматического управления достаточно перспективна. Внедрение ПИД-регуляторов и адаптивных алгоритмов – оптимальное решение для модернизации газокompрессорной станции.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Озол П. Ж. Автоматизация компрессорных станций с электроприводными газоперекачивающими агрегатами. – Л.: Недра, 1971. – 152 с.
- 2 Штерн Л. Я., Бейзеров С. М., Плавник В. Г. Регулирование и автоматизация воздуходушных и компрессорных станций. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963. – 380с.
- 3 Шабашов С.З. Регулирование газотурбинных агрегатов – Л.: Недра, 1971. – 152с.

ТРИПОЛИФОСФАТ НАТРИЙ ӨНДІРУ ҮРДІСІНЕ КЕПТІРГІШ МҰНАРАҒА ОПТИМАЛДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

ОРЫНБЕТ М. М.

т.ғ.д., ассоц.профессор, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы қ
ҰЛАСҚАН А. Ө.

магистрант, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы қ

Процестің алғашқы қадамдарының бірі-темір мен алюминий сияқты қажетсіз қоспаларды кетіру үшін фосфаттарды күкірт қышқылының ерітіндісімен өңдеу. Содан кейін алынған фосфат ерітіндісі фосфат шөгінділерін кетіру үшін сүзіледі.

Сүзуден кейін фосфат ерітіндісін натрий гидроксиді ерітіндісімен араластырады, нәтижесінде натрий триполифосфатының ақ тұнбасы пайда болады. Алынған шөгінділер сұйықтықтан тұндыру процесі арқылы бөлінеді.

Натрий триполифосфатының тұнбалары кептіру процесінен өтеді, нәтижесінде оңай сақталатын және тасымалданатын тұрақты материал пайда болады.

Кептіру мұнарасы – конустық түбі бар тік цилиндрлік құрылғы. Мұнаның жоғарғы жағы жарылыс клапанымен және екі жылу ағынын араластыратын екі араластырғыш қалқанмен жабдықталған: біріншісі турбокальцинерден, екіншісі жоғарғы оттықтағы табиғи газдың жануынан.

Ең алдымен, кептіру және жылыту цехының қондырғыларының ешқайсысында процестерді басқарудың оңтайлы жүйесі жоқ екенін атап өткен жөн, бұл осы процестердің барабар математикалық моделінің болмауымен тығыз байланысты.

Натрий триполифосфатын өндіру процесінің кептіру мұнарасына оңтайлы басқару жүйесін енгізген кезде SPTP сапасы 10-15 % - ға артады. Сонымен қатар, процесс ең аз отын шығынымен және дайын өнімді аз тұтынумен жүзеге асырылады.[3, 19 б.]

Ортофосфатты кептіру процесін автоматты түрде реттеу схемасы келесідей (1-Сурет).

Шикізатты кептіру кезінде әртүрлі құрылғылар қолданылады, әсіресе кең таралған кептіру мұнаралары кең таралған болып саналады. Диффузиялық кептіру мұнаралары натрий ортофосфатын кептіруге арналған және ылғалдылықты 1 %-ға дейін төмендетуге арналған. Кептіру мұнарасы (9) - тік цилиндрлік аппарат, төмен қарай конустық. Мұнаның жоғарғы бөлігі жарылыс

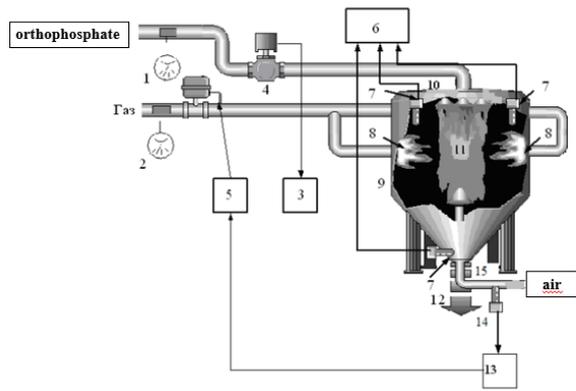
(жарылыс) клапанымен және салқындатқыштың екі ағынын араластыратын екі араластырғыш қалқанмен жабдықталған: біріншісі турбокомпрессордан, екіншісі жоғарғы табиғи газ жану оттығынан. Жоғарғы қысым коллекторы мұнаның сыртында араластырғыш камераның астында орналасқан. Ыдырайтын ортофосфат ерітіндісі диаметрі 0,8 мм болатын 32 саптамадан (10) тұрады.

Саптамада ортофосфат таратылады және құбыр жетегі арқылы 9–15 Мпа қысыммен шашыратылады. Инжекторлық оттықтар (8) мұнарада орналасқан. Дисперсті ортофосфат оттықтағы газды жағу арқылы кептіріледі. Кептірілген ортофосфат сусыздандырылады және кептіру мұнарасында ұсақталады. Осы жерден ол тікелей турбокомпрессорға (12) жіберіледі. Ортофосфатты кептіру процесін автоматты түрде реттеу схемасы келесідей (1-Сурет).

Шикізатты кептіру кезінде әртүрлі құрылғылар қолданылады, әсіресе кең таралған кептіру мұнаралары кең таралған болып саналады.

Диффузиялық кептіру мұнаралары натрий ортофосфатын кептіруге арналған және ылғалдылықты 1 %-ға дейін төмендетуге арналған. Кептіру мұнарасы (9) – тік цилиндрлік аппарат, төмен қарай конустық. Мұнаның жоғарғы бөлігі жарылыс (жарылыс) клапанымен және салқындатқыштың екі ағынын араластыратын екі араластырғыш қалқанмен жабдықталған: біріншісі турбокомпрессордан, екіншісі жоғарғы табиғи газ жану оттығынан. Жоғарғы қысым коллекторы мұнаның сыртында араластырғыш камераның астында орналасқан. Ыдырайтын ортофосфат ерітіндісі диаметрі 0,8 мм болатын 32 саптамадан (10) тұрады.[2, 56 б.]

Саптамада ортофосфат таратылады және құбыр жетегі арқылы 9-15 Мпа қысыммен шашыратылады. Инжекторлық оттықтар (8) мұнарада орналасқан. Дисперсті ортофосфат оттықтағы газды жағу арқылы кептіріледі. Кептірілген ортофосфат сусыздандырылады және кептіру мұнарасында ұсақталады. Осы жерден ол тікелей турбокомпрессорға (12) жіберіледі.



Сурет 1 – Ортофосфатты кептіру процесін автоматты түрде реттеу

Газ және ортофосфат қысымын бақылау (1) және (2) манометрлермен жүзеге асырылады. Температураны бақылау терморелелері (7) арқылы жүзеге асырылады, олардың көрсеткіштері мұнараның әртүрлі нүктелерінде орналасқан көп нүктелі автоматты потенциометрде (6) жазылады. Ортофосфаттың жоғалуы сенсордан (4) және өлшеу блогынан (3) тұратын индукциялық шығын өлшегішпен өлшенеді.

Процесті автоматты басқару жүйесі келесідей жүзеге асырылады: ылғал өлшегіш кептірілген ортофосфаттың ылғалдылығын өлшейді. Ылғалдылық 1 % - дан төмен, ылғал өлшегіш контроллерге сигнал жібереді (13). Оның өзі атқарушы механизмге сигнал жібереді.[2, 39 б.]

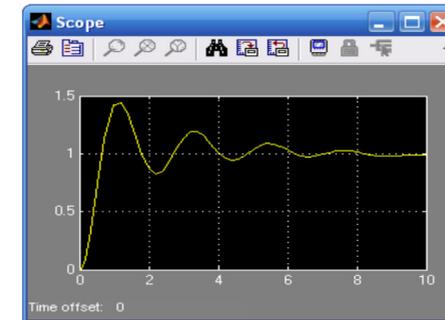
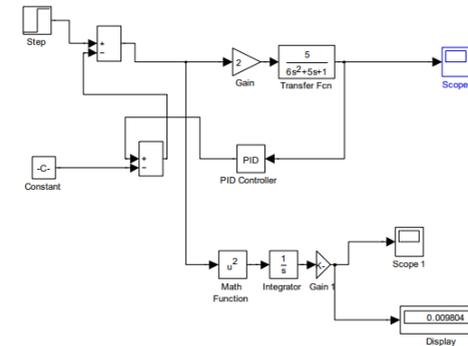
Нысан ретінде кептіру мұнарасы қарастырылды. Нысанның берілу функциясы екінші ретті периодты кесу теңдеуімен берілген. Бұл бөлім екінші ретті дифференциалдық теңдеумен өрнектеледі:

$$W_0(s) = \frac{1}{6s^2 + 5s + 1} \quad (1)$$

Реттеушінің түрін таңдау кезінде дизайнердің міндеті реттеушінің сапалы жұмысын минималды шығындармен және максималды сенімділікпен қамтамасыз ету болуы керек. Дизайнер релелік, үздіксіз немесе дискретті (сандық) контроллер түрін таңдай алады.[7, 89 бет]

Реттегіштің түрін таңдау және оның икемділігін анықтау үшін келесілерді білу қажет:

1. Басқару объектісінің статикалық және динамикалық сипаттамасы
2. Нормативтік сапа процесінің талабы
3. Сериялық реттегіштер үшін нормативтік сапа көрсеткіші
4. Реттеу процесіне әсер ететін бөліктер



Сурет 2 – Автоматты реттеу жүйесінің графигі

Кептіру мұнарасындағы жылу балансының динамикалық теңдеуі:

$$\rho_{ca} \times V_{ca} \times c_{ca} \times \frac{d\theta}{dt} = G_{ca} \times c_{pca} \times \theta_{ca} + G_{bm} \times c_{pca} \times \theta_{ca} - G_{ca} \times c_{pem} \times \theta_{ca} - G_{cm} \times c_{pem} \times \theta_{cm} - W_m \times r$$

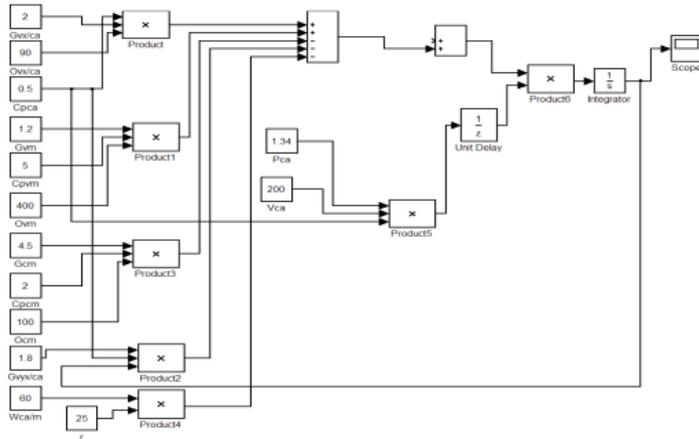
Бұл жерде:

V_{ca} -объектінің көлемі;

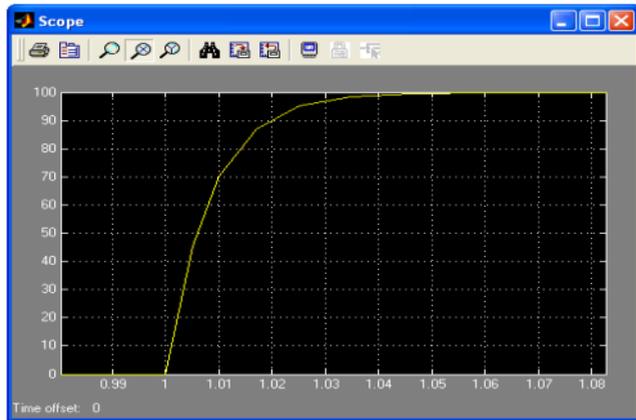
c -концентрациясы;

G -шығындар;

θ -температура.



Сурет 3 – Simulink-тегі жылу балансының динамикалық теңдеуін құрастыру

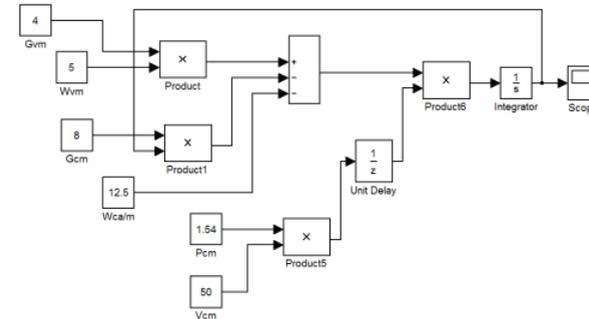


Сурет 4 – Жылу балансының динамикалық теңдеуінің графигі

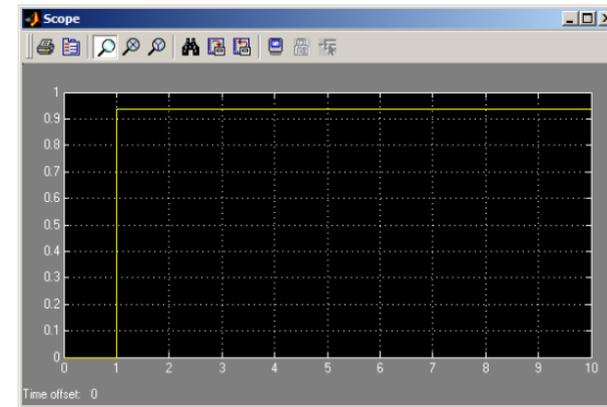
Өнімдегі ылғал мөлшеріне байланысты материалдық баланстың динамикалық теңдеуі:

$$\rho_{ca} \times V_{cm} \times \frac{d\omega}{dt} = G_{bm} \times \omega_{bm} - G_{cm} \times \omega_{cm} - W_m \quad (2)$$

Мұнда ω_{cm} , ω_{bm} - материалдың ылғалдылығы.



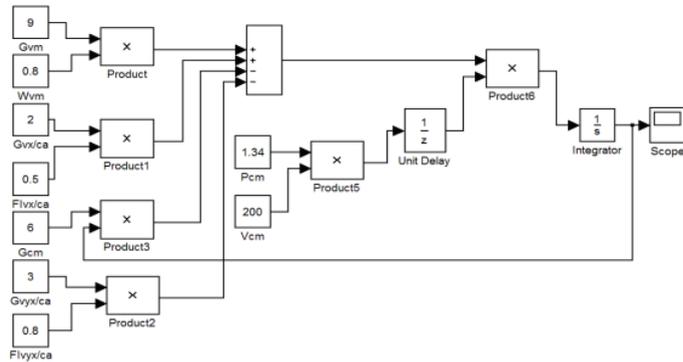
Сурет 5 – Simulink-тегі материалдық баланстың динамикалық теңдеуін құрастыру



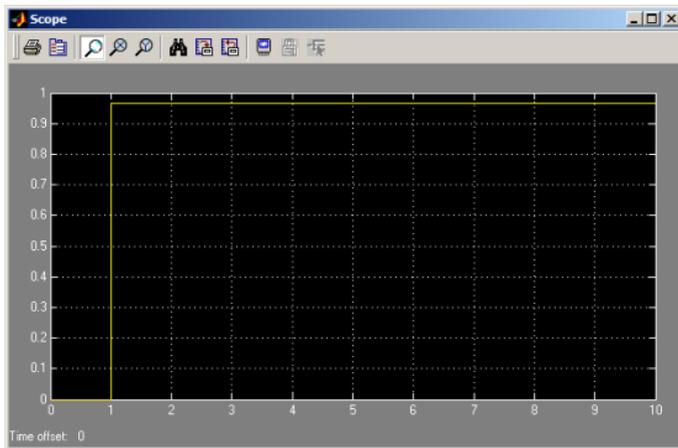
Сурет 6 – Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің графигі

Кептіру процесінде материал балансының динамикалық теңдеуі:

$$\rho_{ca} \times V_{cm} \times \frac{d\omega}{dt} = G_{bm} \times \omega_{bm} + G_{cm} \times \varphi_{ca} - G_{cm} \times \omega_{cm} - G_{ca} \times \varphi_{ca}$$



Сурет 7 – Simulink-тегі материалдық баланстың динамикалық теңдеуін құрастыру



Сурет 8 – Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің графигі

Жұмыс нәтижелерін натрий триполифосфатын алу қажет болатын әртүрлі салаларда қолдануға болады деп күтілуде. Басқару жүйесін дамыту шығындарды азайтады.

ӘДЕБИЕТ

1 A.A. Nikolaev and others. Analysis of various options for constructing automatic control schemes for the displacement of electrodes of arc steel-smelting furnaces and ladle furnace installations // Bulletin

of the Moscow State Technical University. G.I. Nosov. - 2015. - No. 2. - P. 90-100.

2 Banach, M., Kowalski, Z., Wzorek, Z., & Gorazda, K. A chemical method of the production of “heavy” sodium tripolyphosphate with the high content of Form I or Form II, Pol. J. Chem. Tech., - 2019. P.13 – 20.

3 Tarajko.M. Ecological and economic assessment methods of technological processes modernization on the example of chromium and phosphorus compounds production // Kraków, Poland; - 2017. P.38-46.

4 Farrell AE, Plevin RJ, Turner BT, Jones AD. O’Hare Kammen MD. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. - 2016, P.311, 506–508.

5 Ибраева Л.К., Хисаров Б.Д. Моделирование и идентификация объектов управления. Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2009.

6 Matlab: Офици. учебный курс Кембриджского университета / пер.с англ. - М. : Триумф, 2008. – 352с.

7 Дьяконов В.П., Matlab 6.5 Sp1/7+Simulink 5/6.Обработка сигналов и проектирование фильтров / В.П. Дьяконов. - М. : Солон-Пресс, 2005. – 576с.

МҰНАЙ АЙДАУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНДЫРУ

ОРЫНБЕТ М. М.

т.ғ.к. қауымд. профессор, Сәтпаев университеті, Алматы қ.

НАМАЗБЕК А. Д.

магистрант, Сәтпаев университеті, Алматы қ.

Мақалада мұнай айдау процесін автоматтандырудың заманауи әдістері қарастырылған. Басқарудың негізгі жүйелері, олардың мұнай өңдеу өндірісінің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырудағы рөлі талданады. Интеллектуалды бақылау жүйелерін енгізу мысалдары келтірілген, олардың артықшылықтары талданады.

Мұнай көптеген компоненттерден тұрады – фракциялар қасиеттері, қолдану аясы және өңдеу технологиялары әртүрлі. Мұнай өңдеудің алғашқы процестері жекелеген фракцияларды бөліп алуға мүмкіндік береді, осылайша бәрімізге таныс тауар өнімдерін — бензин, дизель, керосин және басқаларын алу үшін шикізат дайындайды. Өндіріске кіріспес бұрын, мұнай бастапқы дайындықтан өтеді. Газ-мұнай сепараторларының көмегімен одан ең жеңіл, газ тәрізді компоненттер алынады.

Мұнай әртүрлі көмірсутектердің көп мөлшерінен тұрады. Олардың молекулалары массада ерекшеленеді, бұл өз кезегінде олардың құрамдас көміртегі мен сутегі атомдарының санымен анықталады. Қандай да бір мұнай өнімін алу үшін белгілі бір сипаттамалары бар заттар қажет, сондықтан МӨЗ- де мұнай өңдеу оны фракцияларға бөлуден басталады. Мұнайдың бір фракциясында әртүрлі көмірсутектердің молекулалары болуы мүмкін, бірақ олардың көпшілігінің қасиеттері жақын, ал молекулалық массасы белгілі бір шектерде өзгереді. Фракциялардың бөлінуі әр түрлі көмірсутектерде қайнау температурасы әр түрлі болатындығына негізделген мұнайды айдау арқылы жүреді: өкпеде ол төмен, ал ауырларда жоғары. Мұнайдың негізгі фракциялары олардың құрамындағы көмірсутектер қайнайтын температура аралығымен анықталады: бензин фракциясы – 28-150°C, керосин фракциясы – 150–250°C, дизель фракциясы немесе газойль – 250–360°C, мазут – 360°C-тан жоғары. Температура 150°C-қа дейін көтерілгенде, керосин қайнай бастайды және буланып кетеді, 250°C-тан кейін-дизель.

Белгілі бір температурадан жоғары қызған кезде шикі мұнайдың ауыр фракцияларының қосымша ыдырауына бейімділік крекинг процесін қолдануда өте маңызды жетістікке әкелді. Жоғары қайнаған мұнай фракцияларының ыдырауы кезінде көміртегі-көміртегі байланыстары ыдырайды, сутегі көмірсутек молекулаларынан бөлініп шығады және осылайша бастапқы шикі мұнайдың құрамымен салыстырғанда өнімдердің кең спектрі алынады.

Мұнайды айдау-мұнайды фракцияларға бөлуді қамтамасыз ететін мұнай өңдеу өнеркәсібінің негізгі процестерінің бірі: бензин, керосин, дизель отыны және басқа да мұнай өнімдері. Бұл процесс температура, қысым және Шикізат шығыны сияқты параметрлерді қатаң бақылауды қажет етеді.

Мұнайды айдау көмірсутектердің әр түрлі қайнау температурасына негізделген. Процестің негізгі кезеңдеріне мыналар жатады:

- 1) Атмосфералық айдау (бастапқы айдау) – мұнайды ректификациялық колоннадағы фракцияларға бөлу.
- 2) Вакуумдық айдау-вакуумдық газойль мен мазут алу үшін ауыр қалдықтарды қайта өңдеу.
- 3) Қосымша процестер-каталитикалық крекинг, гидротазарту.

Мұнай айдау процесін автоматтандырудың негізгі себептері көп. Технологиялық параметрлерді бақылау дәлдігін арттыру. Колонналардың жұмыс режимін оңтайландыру есебінен энергия шығынын азайту. Апаттар мен зиянды заттардың шығарылу қаупін азайту. Шығарылатын өнімнің сапасын тұрақтандыру.

Технологиялық процесті басқарудың автоматтандырылған жүйелері.

Технологиялық процесті басқарудың автоматтандырылған жүйелері (ТП АБЖ) – өндірістік процестерді басқару мен бақылауды автоматтандыруға бағытталған кешенді жүйелер. Бұл жүйелер технологиялық процестерді тиімді басқаруға, сапаны бақылауға, қауіпсіздікті қамтамасыз етуге және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Технологиялық процесті басқарудың автоматтандырылған жүйелері (ТП АБЖ) мыналарды қамтиды:

1) Датчиктер мен өлшеу құралдары - температураны, қысымды, сұйықтық деңгейін және газдардың құрамын бақылау. Мұнай айдау процесінде температура, қысым, деңгей және газ құрамын тұрақты бақылау арқылы нақты жағдайды бақылауға болады. Бұл деректер сапаны бақылауға және процесті реттеуге мүмкіндік береді.

2) Бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC) - деректерді өңдеу және жабдықты басқару. PLC жүйелері деректерді өңдеу арқылы әртүрлі жабдықтарды басқарады. Бұл жабдықтар автоматты түрде белгілі бір шарттарға жауап беріп, процесті тиімді және үзіліссіз жүргізуге мүмкіндік береді.

3) Диспетчерлік жүйелер (SCADA) – нақты уақыттағы деректерді визуализациялау және талдау. SCADA жүйелері өндірістің нақты уақыттағы деректерін визуализациялап, бақылауға мүмкіндік береді. Бұл жүйе арқылы инженерлер мен операторлар процестегі кез келген ақауды тез анықтап, қажетті түзетулер енгізе алады.

4) Оңтайландыру алгоритмдері - интеллектуалды реттеу және болжау жүйелері. Интеллектуалды реттеу және болжау жүйелері арқылы технологиялық процесстерді оңтайландыруға, алдағы өзгерістерді болжауға және энергия шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

Интеллектуалды жүйелерді қолдану мұнай өңдеу саласында процестерді тиімді басқару мен оңтайландыруға мүмкіндік береді. Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту (ML) технологиялары өндірістің әртүрлі аспектілерін автоматтандыруда

маңызды рөл атқарады, оның ішінде мұнай өңдеу зауыттарының дистилляциялық қондырғыларында.

Жасанды интеллект (AI) және машиналық оқыту (ML).

AI және ML технологиялары үлкен деректерді талдайды және процестің параметрлерін автоматты түрде реттейді. Бұл деректерді жинау, оларды талдау және олар негізінде жүйелі шешімдер қабылдау арқылы жүзеге асады. Мақсаты шикізаттың келіп түсуінен бастап өнімнің сапасын бақылауға дейінгі барлық кезеңдерде процесті үздіксіз реттеу.

Қолдану мысалдары:

1) Шикізат жеткізілімін реттеу: машиналық оқыту әдістері шикізаттың өзгермелі құрамын ескере отырып, оның ең тиімді өңделу жолын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл шикізаттың сапасын жақсартып, процестің тұрақтылығын арттырады.

2) Айдау температурасын реттеу: нейрондық желілер мен басқа да машиналық оқыту алгоритмдері шикізаттың түріне және басқа параметрлерге негізделген айдау температурасын дәл реттеуді қамтамасыз етеді. Бұл мақсатты өнімдердің шығымдылығын арттырып, қуат тұтынуды төмендетуге мүмкіндік береді.

Нейрондық желілер мұнай өңдеу процестерінде үлкен деректерді талдауды және болжауды жүргізуге арналған. Олар әртүрлі параметрлерді бақылап, процесстің тиімділігін арттырады. Айдау температурасын оңтайландыру арқылы мақсатты өнімдерді максималды шығыммен алу және энергия шығындарын азайту.

Жасанды интеллекттің артықшылықтары.

Өнімділікті арттыру: деректерді нақты уақыт режимінде талдай отырып, AI технологиялары процесс параметрлерін оңтайландырып, өнімділік пен сапаны арттырады.

Қуат тұтынуды азайту: машиналық оқыту жүйелері энергияны тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді, бұл өндіріс шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

Құрылғылардың қызмет ету мерзімін ұзарту: цифрлық егіздер мен AI технологиялары арқылы жабдықтардың жұмысын болжау, оның тозуын болдырмау үшін алдын ала шаралар қолдануға мүмкіндік береді.

Мұнай өңдеу зауыттарында басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізудің артықшылықтары.

Мұнай өңдеу зауыттарында басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізудің артықшылықтары өндірістің тиімділігін арттыру, қауіпсіздікті қамтамасыз ету және қоршаған ортаға

әсерді азайту үшін өте маңызды. Технологиялық процестердің автоматтандырылуы көптеген оң нәтижелер береді, оның ішінде:

Технологиялық процестің дәлдігі мен тұрақтылығын арттыру. Автоматтандырылған жүйелер арқылы барлық параметрлер (температура, қысым, деңгей) нақты бақылауға алынып, олардың өзгерісі кезінде жүйе автоматты түрде реттейді. Бұл процестің тұрақтылығын қамтамасыз етіп, өнімнің сапасын тұрақты түрде бақылауға мүмкіндік береді.

Адам факторынан тәуелсіз, процестердің дәл және тұрақты басқарылуы өнімнің біртектілігін сақтауға және өндірістің бұзылу қаупін төмендетуге септігін тигізеді.

Энергия шығындарын азайту. Автоматтандыру жүйелері процестерді оңтайландырып, энергия шығындарын минимизациялауға көмектеседі. Мысалы, температура, қысым және ағынды реттеу арқылы энергияны тиімді пайдалану қамтамасыз етіледі.

Интеллектуалды жүйелер энергия тұтынуын бақылап, тек қажетті жағдайда ғана энергия қолдануды қамтамасыз етеді. Бұл жүйелердің көмегімен энергияның артық шығыны азайып, өндіріс шығындары төмендейді.

Автоматтандырылған жүйелер адам қателіктерін болдырмауға көмектеседі, себебі жүйе барлық процестерді алдын ала реттейді. Бұл өндіріс барысында қателіктер мен апаттардың алдын алу үшін өте маңызды.

Адамдардың қауіпті жағдайларға тікелей араласуын азайту арқылы жұмысшылардың қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді. Автоматтандырылған жүйелер қауіпті жұмыс орындарынан қашықтан басқару және мониторинг жүргізу арқылы жұмысшылардың денсаулығын сақтауға ықпал етеді. Автоматтандырылған жүйелер өндіріс процесінің экологиялық талаптарға сай болуын қамтамасыз етеді. Қалдықтарды басқару, зиянды газдардың шығуын бақылау және энергия тиімділігін арттыру арқылы экологиялық зиянды азайтуға болады. Автоматтандыру жүйелері қауіпті жағдайларды алдын ала анықтап, дереу шаралар қабылдай алады, бұл экологиялық апаттардың және зиянды қалдықтардың қоршаған ортаға шығуын болдырмауға көмектеседі.

Автоматтандырылған жүйелер жабдықтың жұмысын үнемі бақылап, оның жағдайын диагностикалауға және қажетті жөндеулерді уақытында жасауға мүмкіндік береді. Бұл жабдықтың

жұмысын үздіксіз жүргізуге және қызмет ету мерзімін ұзартуға көмектеседі.

Интеллектуалды жүйелер жабдықтың ақауларын ертерек анықтап, оларды алдын ала жөндеуге мүмкіндік береді. Бұл тоқтап қалуды және өндірістегі кідірістерді болдырмайды.

Мұнайды айдау және оны қайта өңдеу — қазіргі заманғы энергетика мен химия саласының негізін құрайтын маңызды технологиялық процесс. Бұл процесс мұнайды түрлі фракцияларға бөлуді және оларды әртүрлі мақсаттарда пайдалануға мүмкіндік беруді қамтамасыз етеді. Мұнайды айдау процесі көптеген кезендерден тұрады, олардың әрқайсысы белгілі бір жабдықтар мен технологиялар арқылы жүзеге асырылады.

Мұнайды айдау процесінің автоматтандырылуы өндірістік жүйелердің тиімділігін арттыруға, энергия шығындарын азайтуға және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Автоматтандырылған басқару жүйелері әртүрлі параметрлерді (температура, қысым, ағын жылдамдығы) бақылауға, процесті үздіксіз қадағалауға және кез келген ақауларды ерте анықтауға мүмкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, мұнайды айдау және өңдеу процесінің өнімділігін арттырады, ресурстарды үнемдеуге және қауіпсіздікті жақсартуға ықпал етеді.

Мұнай айдау технологиялық процесін автоматтандыру мұнай өңдеу өнеркәсібін дамытуда маңызды қадам болып табылады. Заманауи басқару жүйелері, цифрлық егіздер және жасанды интеллект (AI) технологияларының қолданылуы өндірістің тиімділігін арттыруға, қауіпсіздікті қамтамасыз етуге және қоршаған ортаға әсерді азайтуға мүмкіндік береді.

Автоматтандырудың арқасында өндіріс процестері дәл, тұрақты және үнемді болуда, ал жүйелердің көмегімен ақаулар мен тоқтап қалулар алдын ала болжанып, уақытында түзетіледі. Сонымен қатар, өндіріс қауіпсіздігі арттырылып, экологиялық талаптарға сәйкестік қамтамасыз етілуде.

Өндірістің одан әрі дамуы өнеркәсіптік заттар интернетімен (IIoT) интеграцияны, болжамды талдау мүмкіндіктерін кеңейтуді және мұнай өңдеуді толық цифрландыруды қамтиды. Бұл келешекте мұнай өңдеу зауыттарының өнімділігін, ресурстарды тиімді пайдалануды және экологиялық қауіпсіздікті жаңа деңгейге көтереді.

Автоматтандыру жүйелерінің дамуымен қатар, жаңа технологиялар мен инновациялық шешімдер өнеркәсіптік өндірісті

одан әрі оңтайландырып, мұнай өңдеу саласындағы бәсекелестікті арттырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Ахметов С.А. «Технология переработки нефти и газа», 2019. – 78 – 102 с.
- 2 Сухов В.В. «Автоматизация технологических процессов нефтепереработки», 2021. – 112 – 145 с.
- 3 Современные методы цифровой трансформации НПЗ: обзор IEEE, 2023. – 35 – 51 с.
- 4 Петров Ю.И., Смирнов А.В. Интеллектуальные системы управления в нефтехимии. Казанский университет, 2020. – 203 – 228 с.

АВТОМАТТАНДЫРУДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕР

ОРЫНБЕТ М. М.

т.ғ.к. қауымд. профессор, Сәтпаев университеті, Алматы қ.

АСЫЛХАН Б. С.

магистрант, Сәтпаев университеті, Алматы қ.

Қазіргі уақытта автоматтандыру технологиялары өнеркәсіптен бастап, денсаулық сақтау, көлік, ауыл шаруашылығы және қызмет көрсету салаларына дейін кеңінен енгізілуде. Бұл үдеріс өндірістің тиімділігін арттырып, адам еңбегін жеңілдетуге және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Зияткерлік басқару жүйелері, жасанды интеллект (AI), роботтандырылған кешендер және телекоммуникациялық технологиялар автоматтандыру саласындағы басты инновациялық шешімдерге айналды.

Қазақстанда да автоматтандырудың дамуы қарқынды жүріп жатыр. Отандық өндірістерде PLC-контроллерлер, SCADA жүйелері және ERP-платформалар қолданысқа енуде. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығы мен қызмет көрсету салаларында да цифрлық технологиялардың ролі артып келеді. Бұл мақалада автоматтандырудағы негізгі инновациялық шешімдер қарастырылады.

1 Өнеркәсіптік автоматтандыру

1.1 Роботтандырылған өндіріс

Өнеркәсіпте роботтандырылған жүйелердің қолданылуы өнім сапасын жақсартып, өндіріс тиімділігін арттыруда. Өндірістік

роботтар дәнекерлеу, бояу, жинау, орау және сапаны бақылау сияқты жұмыстарды атқарады.

Заманауи өндіріс орындары роботтандырылған желілерді енгізу арқылы өнім өндіру қарқынын арттырып, адам еңбегін жеңілдетуге мүмкіндік алып отыр. Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің материалдарында көрсетілгендей, заманауи өнеркәсіптік кәсіпорындарда роботтандырылған манипуляторлар, автономды көлік құралдары және жасанды интеллект көмегімен басқарылатын технологиялар кеңінен қолданылады [1, 54 б.].

Роботтандырылған жүйелердің артықшылықтары:

- Жұмыс жылдамдығы мен дәлдігінің артуы;
- Өндірістік шығындардың төмендеуі;
- Қауіпті жағдайларда адамның орнын басу мүмкіндігі.

Мысалы, автомобиль өнеркәсібінде роботтар дәнекерлеу, бояу және құрастыру жұмыстарын атқарады. Бұл өнім сапасын арттырып, өндіріс көлемін ұлғайтуға мүмкіндік береді.



1 сурет – Робот-манипулятор

1.2 Ақылды басқару жүйелері

Өндірістік процестерді тиімді басқару үшін SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) және PLC (Programmable Logic Controller) жүйелері кеңінен қолданылады.

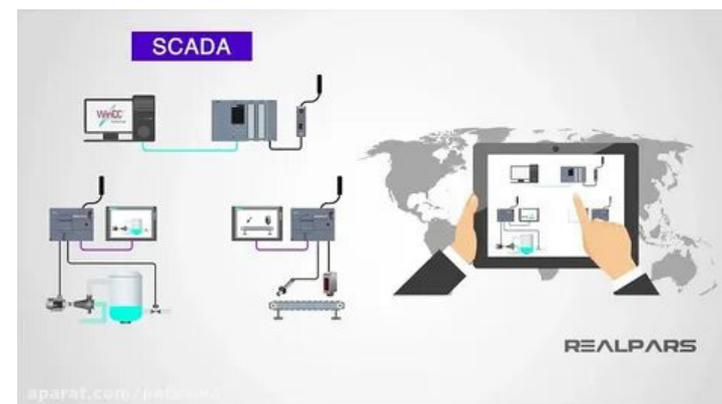
Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің зерттеу материалдарында SCADA және PLC жүйелерінің маңыздылығы аталып өтеді. Мұндай жүйелер өнеркәсіптік процестерді нақты

уақыт режимінде бақылауға, деректерді жинауға және қашықтан басқаруға мүмкіндік береді [2, 98 б.].

SCADA жүйесінің негізгі артықшылықтары:

- Өндірістік процестерді толық автоматтандыру;
- Қауіпсіздік пен сапаны арттыру;
- Энергияны тиімді пайдалану.

Мұндай жүйелер Қазақстандағы ірі өндіріс орындарында енгізілуде. Мысалы, мұнай және газ саласында SCADA арқылы бұрғылау қондырғылары мен құбыр жүйелері бақыланады.



2 сурет – SCADA жүйесі интерфейсі

2 Қызмет көрсету және көлік саласындағы автоматтандыру

2.1 Ақылды көлік жүйелері

Көлік инфрақұрылымын жетілдіру мақсатында ақылды бағдаршамдар, автономды көліктер және IoT негізіндегі жүйелер енгізілуде.

Негізгі шешімдер:

- Жол қозғалысын басқарудың интеллектуалды жүйелері-көлік кептелістерін азайтады.
- Автономды қоғамдық көліктер - жүргізушісіз автобустар мен пойыздар.
- Автобустарда электронды төлем жүйелері - қолма-қол ақшасыз есеп айырысу.

Мысалы, Алматы мен Астана қалаларында «ақылды бағдаршамдар» және «электронды билет жүйелері» енгізілген.

Сәтбаев университетінің зерттеуінде көлік саласын автоматтандырудың маңыздылығы қарастырылған. Қазіргі таңда ақылды бағдарламалар, автономды автокөліктер және интеллектуалды жол қозғалысын басқару жүйелері енгізілуде [3, 32 б.].

5G және IoT негізіндегі көлік автоматтандыру жүйелері:

- Автобустар мен пойыздарда билетсіз жүру мүмкіндігі;
- Автономды жүргізу функциясы бар көліктер;
- Көлік кептелістерін болжау және алдын алу жүйелері.

Қазақстанда цифрлық көлік жүйелері Алматы, Астана сияқты ірі қалаларда жүзеге асуда. Бұл қаладағы көлік қозғалысын оңтайландырып, экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік береді.



3 сурет – 5G және IoT технология

2.2 Банктік және медициналық қызметтерді автоматтандыру

Қызмет көрсету саласында жасанды интеллект, чат-боттар, робот-хирургтар және телемедицина кеңінен қолданылады.

Негізгі шешімдер:

- Банктерде онлайн төлем және мобильді қосымшалар клиенттерге қызмет көрсету сапасын арттырады.
- Медициналық жүйелерде робот-хирургтар мен қашықтан кеңес беру сапалы медициналық көмекке қолжетімділікті арттырады.

Мысалы: Қазақстанда «ДамуМед» сияқты электронды медициналық жүйелер енгізілді. Банктік секторда жасанды интеллект

негізінде жұмыс істейтін чат-боттар мен автоматтандырылған төлем жүйелері кеңінен қолданылады. Банкоматтар мен мобильді қосымшалар арқылы қызмет көрсету деңгейі артты.

Денсаулық сақтау саласында робот-хирургтар мен телемедицина қызметтері дамып келеді. Мұндай жүйелер ауылдық аймақтардағы адамдарға сапалы медициналық қызметтерді қолжетімді етеді.



4 – сурет – Медициналық роботтар

2.3 Ауыл шаруашылығын автоматтандыру

Ауыл шаруашылығында дәлдік егіншілік, дрондар арқылы бақылау, автономды техника сияқты инновациялар қолданылады.

Негізгі шешімдер:

- Дәлдік егіншілік жер құнарлылығын анықтап, тыңайтқыштарды реттеу.
- Дрондар арқылы бақылау егістіктердің жағдайын бағалау және зиянкестерді анықтау.
- Автономды тракторлар мен комбайндар ауыл шаруашылығы жұмыстарын автоматтандыру.

Мысалы, Қазақстандағы ірі агрохолдингтер IoT және дрондар арқылы егін түсімін болжау және мониторинг жасау технологияларын енгізуде.

Ауыл шаруашылығында қолданылатын технологиялық терминдер мен инновациялық шешімдер және негізгі инновациялар:

- Дәлдік егіншілік – жердің құнарлылығын бағалау және тыңайтқыштарды автоматты түрде реттеу.
- Дрондар арқылы мониторинг – егістіктердің жағдайын бақылау және зиянкестердің таралуын болдырмау.
- Автономды тракторлар – ауыл шаруашылығы жұмыстарын автоматтандыру [4, 145 б.].

Автоматтандыру – экономиканың барлық салаларында маңызды рөл атқаратын заманауи үрдіс. Өнеркәсіптік роботтар, SCADA және IoT жүйелері, ақылды көлік және ауыл шаруашылығы технологиялары Қазақстан экономикасына үлкен өзгерістер әкелуде

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Оразбаев Б. А., Нұртазин А. К. Интеллектуалды басқару жүйелері және олардың өндірісте қолданылуы // Техника және технология журналы. – № 6. – 2021. – 54 б.
- 2 Тоқтаров Е. С., Әбдіғали М. Р. Автоматтандырылған жүйелерді модельдеу және олардың тиімділігі // «Индустрия 4.0 және цифрлық экономика» атты халықаралық конференция материалдары / Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ. – Алматы, 2023. – Т. 2. – 98б.
- 3 Джумабекова А. А., Ержанова С. Ж. Өндірісті цифрлық трансформациялау: заманауи тенденциялар // Инновациялық технологиялар журналы. – № 3. – 2020. – 32б.
- 4 Brown J., Peterson K. Smart Automation: The Future of Manufacturing // International Journal of Robotics and Automation. – 2021. – Vol. 35(4). – P. 145. [Ағылшын тілінде].

УНИВЕРСИТЕТТЕРДІҢ ОҚУ ҮРДІСТЕРІНДЕГІ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІ ЕНГІЗУ КЕЗІНДЕГІ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ

САДБАКАСОВА А. У.
Сеньор-лектор, Astana IT University, Астана
ЕСЕНОВ А. С.
Сеньор-лектор, Astana IT University, Астана

Кіріспе

Заманауи жасанды интеллект (AI) технологиялары өмірдің барлық салаларына, соның ішінде білімге де жылдам еніп келеді. Соңғы жылдары деректерді құруға, өзгертуге және талдауға, сондай-ақ білім беру процесін студенттердің қажеттіліктеріне бейімдеуге қабілетті генеративті жасанды интеллектті (GenAI) енгізу маңызды үрдіс болды. Генеративті жасанды интеллект университеттерде оқу процесін автоматтандыру, дербестендірілген оқу материалдарын жасау, студенттерді бағалау және басқа мақсаттарда қолданылады. Дегенмен, оларды жүзеге асыру кезінде студенттер үшін де, мұғалімдер үшін де мұқият талдауды және болжауды қажет ететін бірқатар тәуекелдер туындайды.

Бұл мақаланың мақсаты университеттердің оқу процесінде генеративті жасанды интеллектті қолданумен байланысты тәуекелдерді зерттеу, сондай-ақ оларды болжау және азайту әдістерін ұсыну болып табылады.

Тақырыптың өзектілігі

Білім беруде генеративті жасанды интеллектті пайдалану оқудың тиімділігін арттыру, білім сапасын арттыру, мұғалімдердің жүктемесін азайту және материалдарды оқушылардың жеке қажеттіліктеріне бейімдеу сияқты көптеген мүмкіндіктерге жол ашады. Дегенмен, бұл технологияларды енгізу деректерді қорғау мәселелерін, кемсітушілік қаупін және студенттердің мотивациясын төмендетуді қоса алғанда, жаңа қауіптерді тудырады. Бұл тәуекелдерді болжау және оларды барынша азайту әдістерін өзірлеу генеративті жасанды интеллектті оқу процесіне сәтті енгізудің маңызды міндеттеріне айналады.

Бұл жұмыстың жаңалығы университеттерде генеративті жасанды интеллектті қолданумен байланысты тәуекелдерді кешенді талдауда жатыр. Дәстүрлі зерттеулерден айырмашылығы, тек техникалық тәуекелдерге ғана емес, сонымен қатар студенттерге де, мұғалімдерге де әсер ететін әлеуметтік және психологиялық

аспектілерге баса назар аударылады. Мақалада генеративті жасанды интеллектті пайдалану контекстінде тәуекелдерді болжауға және оларды азайту стратегияларын әзірлеуге көмектесетін нақты әдіс – «Сценарийлік талдау» ұсынылады.

Зерттеу үшін әртүрлі ықтимал жағдайларды модельдеуге және олардың салдарын болжауға мүмкіндік беретін «Сценарийлік талдау» әдісі таңдалды. Бұл әдіс генеративті жасанды интеллектті енгізудің техникалық-экономикалық аспектілерін ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік және психологиялық тәуекелдерді де ескеруге мүмкіндік беретіндіктен таңдалды. Осы әдістің бір бөлігі ретінде біз білім беру процесіне генеративті жасанды интеллект енгізуге қатысты бірнеше сценарийлерді қарастырамыз, сонымен қатар студенттер мен мұғалімдер үшін ықтимал қауіптерді атап өтеміз.

Генеративті жасанды интеллектті пайдаланатын студенттер үшін тәуекелдер

1. Мотивация және автономия мәселелері. Студенттер үшін ең айқын тәуекелдердің бірі - процесс жоғары автоматтандырылған кезде оқуға деген ынтаның төмендеуі. Егер генеративті жасанды интеллект тапсырмаларды белсенді түрде жасап, бағалау жұмыстарын жүргізсе, студенттер мұғаліммен жеке қарым-қатынаста болмауы мүмкін, бұл олардың оқу процесіне қызығушылығын төмендетеді. Бұл студенттердің білім беру контекстінен «бөтен болуына» әкелуі мүмкін.

2. Алгоритмдердің кемсітушілік және қиғаштық тәуекелдері. Генеративті AI деректердің үлкен көлемі бойынша оқытылады, егер жаттығу деректерінде қиғаштық немесе кемсітушілік үлгілер болса, ол бұрмалауды тудыруы мүмкін. Бұл әсіресе оқушыларды бағалау кезінде өте маңызды, өйткені алгоритм жеке ерекшеліктерді ескермейтін тарихи деректерге негізделген оқушылардың жұмысын әділетсіз бағалауы мүмкін.

3. Қауіпсіздік және деректерді қорғау. Білім беру платформаларында генеративті жасанды интеллектті пайдалану студенттерден жеке деректердің үлкен көлемін жинауды және өңдеуді қамтиды. Бұл деректердің ағып кетуі, құпиялылықтың жоғалуы және студенттердің құқықтарының бұзылуы қауіпін тудырады.

Генеративті жасанды интеллектті пайдаланатын мұғалімдер үшін тәуекелдер:

Мұғалімнің рөлін төмендету. Генеративті AI дәстүрлі түрде мұғаліммен байланысты көптеген функцияларды орындай алады, соның ішінде оқу материалдарын жасау, сынақтарды қарау және тіпті студенттермен кенесу. Бұл мұғалімнің рөлінің төмендеуіне, пайдасыздық сезіміне және кәсіби шаршауға әкелуі мүмкін. Ұзақ мерзімді перспективада бұл оқу процесінің сапасына әсер етуі мүмкін.

Мәліметтер контекстіндегі және интерпретациясындағы қателер. Генеративті AI әрқашан күрделі оқу контексттерін дұрыс түсінбеуі мүмкін, бұл білімді бағалауда және оқу материалдарын жасауда қателерге әкелуі мүмкін. Генеративті жасанды интеллект нәтижелеріне сүйенетін мұғалім бұл қателерді байқамауы мүмкін, бұл оқыту сапасына әсер етеді.

Этикалық мәселелер. Педагогтар генеративті жасанды интеллектті пайдалануға байланысты этикалық дилеммаларға тап болуы мүмкін. Мысалы, оқушыларды бағалау үшін AI пайдалану бағалаудың ашықтығы мен әділдігі туралы сұрақтар тудыруы мүмкін, бұл студенттердің мұғалімге және тұтастай жүйеге сеніміне қатысты қосымша мәселелерді тудырады.

Зерттеудің мысалы ретінде сценарийді талдау әдісі арқылы тәуекелді болжауды қарастырыңыз.

Оқу процесінде генеративті жасанды интеллектті қолданумен байланысты тәуекелдерді талдау үшін сценарийлік талдау әдісін қолдандық. Генеративті жасанды интеллектті университет процесіне енгізуге қатысты бірнеше сценарийді қарастырайық.

1-сценарий: Оқушыларды бағалауға генеративті жасанды интеграциялау.

Студенттер үшін тәуекелдер: егер олардың жұмысы толығымен автоматты түрде бағаланса және генеративті AI жобаларында ұсынылған күрделі идеяларды дұрыс түсіндірсе, студенттер өздерін әділетсіз сезінуі мүмкін. Бұл сценарий жүйеге деген сенімнің төмендеуіне және студенттер арасында стресстің артуына әкелуі мүмкін.

Оқытушылар үшін тәуекелдер: Генеративті AI автономды түрде жұмыс істейтін болса, әсіресе адам тәжірибесі қажет күрделі жағдайларда мұғалімдерге нәтижелерді реттеу және түзету қиын болуы мүмкін.

2-сценарий: Оқу материалдарын жасау үшін генеративті AI пайдалану.

Студенттер үшін тәуекелдер: Автоматты түрде жасалған материалдар оқушылардың жеке ерекшеліктерін ескермеуі мүмкін, бұл материалды түсінуде қиындықтарға әкеледі.

Оқытушылар үшін тәуекелдер: Оқытушылар курс материалдарын теңшеу мүмкіндігін жоғалтуы мүмкін, бұл оқу тәжірибесін стандартталған және студенттің қажеттіліктеріне азырақ назар аударады.

Тәуекел санаттары	Тәуекел деңгейі (студенттер)	Тәуекел деңгейі (оқытушылар)
Мотивацияның төмендеуі	8	5
Алгоритмдердің дискриминациясы	7	6
Деректер қауіпсіздігі	9	4
Оқытушы рөлінің төмендеуі	3	8
Деректерді түсіндегі қателер	6	7
Этикалық мәселелер	5	9

1 – сурет – Генеративтік жасанды интеллект пайдаланған кездегі студенттер мен оқытушыларға тигізетін тәуекелдерді болжау.

Сурет 1 генеративті жасанды интеллект енгізу кезінде студенттер мен мұғалімдер үшін әртүрлі тәуекелдердің теңгерімін көрсететін график болып табылады. Этикалық және психологиялық аспектілерді қоса алғанда, оқу-тәрбие процесінде генеративті жасанды интеллект.

Генеративтік жасанды интеллект пайдаланған кездегі студенттер мен оқытушыларға тигізетін тәуекелдерді болжау моделін қарастырсақ: графиктің сипаттамасындағы график түрі – бағанды диаграмма (bar chart). X осінде тәуекелдер санаттары орналасқан (мысалы, «Мотивацияның төмендеуі», «Алгоритмдердің дискриминациясы», «Деректер қауіпсіздігі», «Оқытушы рөлінің төмендеуі», «Деректерді түсіндегі қателер», «Этикалық мәселелер»).

Y осінде тәуекел деңгейі көрсетілген (мысалы, 0-ден 10-ға дейін, мұнда 10 — ең жоғары тәуекел). Екі бағандар жиынында біреуі студенттер үшін, екіншісі оқытушылар үшін арналған.



2 сурет – Генеративтік жасанды интеллекттің оқытушылар мен студенттермен білім беру процесіндегі өзара әрекеттесу моделі

Рисунок 2 иллюстрирует взаимодействие между генеративным искусственным интеллектом, преподавателем и студентами, подчеркивая основные риски, которые могут возникать на каждом этапе. Суреттің сипаттамасын қарастыра келе келесіні ескерген жөн: сурет түрі – өзара әрекеттесу схемасы; схема элементтері – ГенИИ: орталық элемент, ол студенттер мен оқытушылармен өзара әрекеттеседі; студенттер – ГенИИ-ден жекелендірілген материалдар, тапсырмалар және бағалар алады; оқытушылар – ГенИИ-ді материалдар жасау, студенттерді бағалау және деректерді талдау үшін пайдаланады; тәуекелдер – мүмкін болатын мәселелерді көрсететін жебелер (мысалы, «мотивацияның төмендеуі», «деректерді түсіндегі қателер», «этикалық дилеммалар»).

Қорытындылар

ЖОО-лардың білім беру процесінде генеративті жасанды интеллектті (АИ) пайдалану оқытуды оңтайландыруға, білім беру бағдарламаларын жекелендіруге және студенттер мен оқытушылар арасындағы өзара әрекеттестіктің тиімділігін арттыруға кең перспективалар ашады. Дегенмен, күнделікті тапсырмаларды автоматтандыру, бейімделген оқыту және білім беру процестерін

интеллектуалды қолдау сияқты артықшылықтармен қатар, генеративті AI пайдалану білім сапасы мен академиялық адалдыққа айтарлықтай әсер етуі мүмкін бірқатар ықтимал тәуекелдермен байланысты.

Сценарийлік модельдеу әдісіне негізделген тәуекелді талдау негізгі қауіптерді анықтауға мүмкіндік береді, оның ішінде білім беру тапсырмаларын орындау үшін студенттердің AI-ге тәуелділігі, сыни ойлаудың төмендеуі, креативтілікті автоматтандырылған шешімдермен алмастыру, жалған ақпаратты тарату мүмкіндігі. Педагогтар үшін генеративті AI пайдалану дәстүрлі бағалау әдістерін қайта қарау, академиялық адалдыққа бақылауды күшейту және оқу жоспарын әзірлеудің жаңа тәсілдерін әзірлеу қажеттілігіне әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, генеративті AI-ны білім беру ортасына сәтті интеграциялау тек технологиялық аспектілерді ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік-этикалық және психологиялық факторларды да жан-жақты қарастыруды талап етеді. Одан әрі зерттеудің маңызды бағыты білім беру жүйелерін AI қолдануға бейімдеу тетіктерін әзірлеу, оның ішінде AI құралдарымен жұмыс істеудің тиімді әдістеріне мұғалімдерді оқыту, студенттер арасында цифрлық сауаттылықты дамыту, технологияларды жауапкершілікпен пайдалануды қамтамасыз етуге бағытталған реттеу тетіктерін құру болып табылады.

Осылайша, генеративті AI-ны университет ортасына енгізу көп деңгейлі тәуекелдерді талдаумен және оларды барынша азайту стратегияларын әзірлеумен қатар жүруі керек. Ең жақсы нәтижелерге қол жеткізу үшін этикалық принциптерге, технологиялық ашықтық пен академиялық жауапкершілікке негізделген тәуекелдерді басқарудың кешенді жүйесін қалыптастыра отырып, инновациялық мүмкіндіктер мен ықтимал қауіптер арасындағы теңгерімді қарастыру қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Ким А.В. (2020). «Инновационные подходы в обучении с использованием искусственного интеллекта.» - Алматы: КазНУ
- 2 Иванова, Н.А. (2021). «Искусственный интеллект в образовании: возможности и вызовы.» - М.: Изд-во РГУ.
- 3 Петрова Е.В., Сидорова И.М. (2022). «Генеративные модели искусственного интеллекта в образовательном процессе.» - Санкт-Петербург: СПбГУ.

4 Дорошенко С.Ю. (2023). «Этика и риски использования ИИ в обучении.» - М.: Изд-во МГУ.

5 Лукичев П.М., Чекмарев О.П. (2024). «Риски применения искусственного интеллекта в системе высшего образования». Вопросы инновационной экономики, 14(2), 463–482.

6 Константинова Л.В., Ворожихин, В.В., Петров, А.М., Титова, Е.С., Штычно, Д.А. (2023). «Генеративный искусственный интеллект в образовании: дискуссии и прогнозы». Открытое образование, 17(2), 36–48.

7 Вегера Ж.Г. (2024). «Применение генеративного искусственного интеллекта (ИИ) для анализа образовательных данных и прогнозирования академической успеваемости студентов». Управление образованием: теория и практика, 14(8-1), 116–125.

8 Поспелова Е.А., Отоцкий, П.Л., Горлачева, Е.Н., Файзуллин, Р.В. (2024). «Генеративный искусственный интеллект в образовании: текущие тенденции и перспективы». Профессиональное образование и рынок труда, 12(3), 6–21.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РЕФОРМИНГА

САҚТАҒАН А. А.

Магистрант, КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, г. Алматы
ЖУСУПБЕКОВ С. С.

к.т.н., ассоц. профессор, КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

Автоматизация процесса реформинга нефти, как один из самых важных этапов в процессе ее переработки, приобретает особую актуальность благодаря способности решать ключевые задачи нефтяной промышленности. Каталитический реформинг, который используется для повышения октанового числа бензина и производства ароматических углеводородов, включает в себя преобразование углеводородов в их более высокооктановые изомеры, преобразование насыщенных углеводородов, например, алканов и нафтенов, в ароматические углеводороды (арены) с помощью катализаторов, а также разрыв больших молекул углеводородов, например, тяжелых нефтяных фракций, с помощью водорода, в результате чего образуются более легкие углеводороды, как бензин, дизельное топливо и легкие газы. Сегодня многие предприятия,

на которых происходит процесс риформинга нефти, могут столкнуться с рядом проблем, которые влияют на эффективность работы, безопасность и экологическую устойчивость. К одной из этих проблем относят нестабильность процесса и химических реакций, подразумевающую колебания в качестве сырья, изменение внешних условий (температуры, давления), или нарушения в работе оборудования, а также загрязнение катализаторов. Для управления процессом каталитического риформинга требуется разработка и внедрение новой системы, которая смогла бы улучшить качество конечного продукта при соблюдении технических и экологических норм.

Проблемы с экологией и требования к снижению выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ заставляют нефтехимические предприятия искать пути для минимизации своего воздействия на природу. Каталитический риформинг — это сложный и высокотемпературный процесс, который требует точного контроля условий для достижения максимальной эффективности. Интеллектуальная система управления, основанная на алгоритмах оптимизации, может снизить количество отходов и выбросов, также обеспечить наблюдение за параметрами процесса в реальном времени и оперативно корректировать их, предотвращая аварийные ситуации и нестабильность в работе.

Интеллектуальная система управления риформингом нефти может существенно снизить операционные затраты, обеспечив более рациональное использование сырья и катализаторов, а также оптимизируя обслуживание оборудования. Помимо прочего, внедрение такой системы позволяет интегрировать риформинг нефти с другими процессами на предприятии, такими как крекинг, гидроочистка и другие, что обеспечивает более высокую степень автоматизации и взаимодействия между различными участками производства, улучшает общую эффективность и снижает количество ошибок в управлении.

В условиях глобализации рынка и возрастающей конкуренции компании вынуждены искать способы снижения издержек, повышения качества продукции и адаптации к изменениям рыночной конъюнктуры. Поэтому необходимость в правильной презентации интеллектуальной системы управления риформингом нефти становится, хоть и непростой, но достижимой задачей современности. Каждая из вышеперечисленных причин является важной и должна учитываться в разработке систем управления,

однако следует обратить особое внимание на актуальность снижения загрязнений и решение экологических проблем, так как это является первоочередной обязанностью человечества.

Даже при прогнозируемом истощении нефти в Казахстане, ресурсы будут использоваться еще на протяжении нескольких десятилетий. В условиях ограниченности запасов крайне важно повысить эффективность процессов переработки и максимизировать выход ценных продуктов, таких как высококачественные бензины и химические вещества.

Системы, основанные на новейших технологиях управления, часто применяют сложные математические модели, которые позволяют предсказывать развитие процессов и автоматически принимать решения, исходя из полученных прогнозов. Это может включать управление несколькими параметрами одновременно, учет сложных взаимосвязей и ограничений, а также адаптацию к изменениям внешних и внутренних условий.

Среди основных преимуществ таких методов управления можно выделить улучшение стабильности процессов, рост производственных мощностей, снижение потребности в энергии, повышение качества конечной продукции и снижение расходов на техническое обслуживание. Также, эти системы могут быть интегрированы с мерами по обеспечению безопасности и защиты окружающей среды в рамках управления производственными процессами. В целом, применение современных подходов к управлению технологическими процессами способствует повышению операционной эффективности и конкурентоспособности предприятий в различных отраслях.

Управленческие решения в области усовершенствованных технологических процессов (СУУТП) включают комплекс стратегий, методологий и инструментов для оптимального регулирования производственных циклов с целью достижения нескольких ключевых целей: значительного повышения качества выпускаемой продукции, расширения объемов производства, сокращения издержек и максимальной снижения возможных рисков.

Большинство СУУТП, таких как системы APC (управление технологическими процессами в реальном времени), базируются на двух основных направлениях управления:

1 Предиктивное управление (MPC, Model Predictive Control) — управление процессом на основе его динамической модели с прогнозированием будущих значений.

2 Методы усовершенствованного управления с обратной связью (Advanced Feedback Control Techniques) — использование различных подходов для контроля процессов с учетом обратной связи.

Методы усовершенствованного управления с обратной связью включают следующие виды управления:

1 Управление с компенсацией запаздывания (Time-Delay Compensation Control) — компенсация временных задержек в процессе.

2 Управление на основе показаний виртуальных анализаторов (Inferential Control)

— использование данных от виртуальных датчиков для оценки качества.

3 Селективное управление и управление с ограничениями (Selective/Override Control) — управление с учетом ограничений системы.

4 Нелинейное управление (Nonlinear Control) — управление, учитывающее нелинейные зависимости в системе.

5 Адаптивное управление (Adaptive Control) — управление, адаптирующееся к изменяющимся условиям.

MPC — метод оптимального управления, который учитывает ограничения системы, включая ее физические параметры. В его основе лежит использование линейной модели с дискретным временем, что позволяет прогнозировать будущее поведение системы.

Основные компоненты MPC:

1 Многопараметрическая динамическая модель, которая связывает входные параметры (управляемые переменные и измеряемые возмущения) с выходными параметрами (контролируемые переменные).

2 Алгоритм расчета целевых значений для выходных параметров при наличии ограничений в системе.

3 Алгоритм предиктивного управления с обратной связью, который обеспечивает минимизацию отклонений выходных параметров от целевых значений в процессе планирования, исключая чрезмерные изменения управляющих переменных.

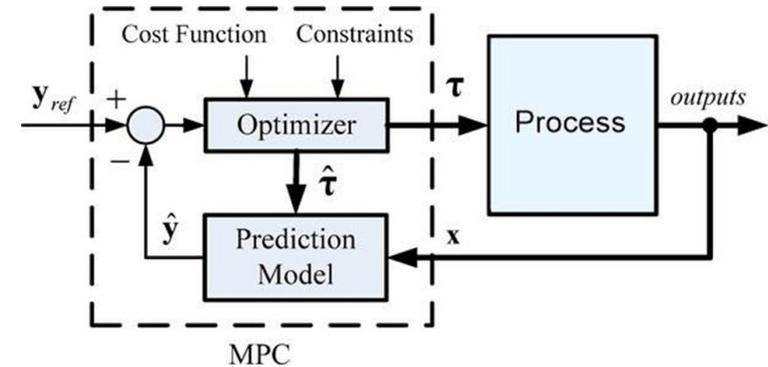


Рисунок 1 – Структурная схема предиктивного управления моделью

Таким образом, применение метода предиктивного управления с обратной связью позволяет создать более устойчивые и гибкие системы управления в условиях постоянно изменяющихся производственных процессов. Интеграция динамических моделей, алгоритмов расчёта целевых значений и механизмов адаптивного регулирования обеспечивает возможность оперативного реагирования на внешние возмущения и внутренние ограничения системы. В свою очередь это способствует достижению поставленных целей: повышению качества продукции в виде углеводородов с высоким октановым числом, увеличению производственных мощностей, снижению издержек и минимизации рисков.

Перспективы дальнейших исследований и практических внедрений направлены на расширение функционала систем управления за счет использования нелинейных моделей, интеграции методов машинного обучения для улучшения прогностических способностей и адаптивности, а также разработки алгоритмов, способных работать в режиме реального времени в условиях высоких динамических изменений. Таким образом, развитие СУУТП с применением продвинутых стратегий управления становится важным инструментом для повышения конкурентоспособности и эффективности современных производственных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Крылов В. А. Каталитический риформинг бензинов. Теория и практика. Москва, 2000 г. – 192 с.

2 James H. Gary, Glenn E. Handwerk Petroleum Refining Technology and-M., 2011. – 720 с.

3 Лаврененко В. Н. Каталитический риформинг и гидрообработка углеводородных сырьевых материалов. – Санкт-Петербург, 2007. – 254 с.

4 Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления: Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления. – М.: Наука, 2003. – 210с.

5 Попов А.К. Элементы теории автоматического управления. – М., 2010. – 208с.

6 Паршаков С.И. Основы управления техническими процессами и системами: учебное пособие / М.В.Ерпалов. – Екатеринбург: Издательство Урал. ун-та, 2017. – 148с.

7 Ким Д.П. Теория Автоматического Управления. – 2-е изд., испр. и доп. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – С. 90-92.

8 Зайцев В. Г., Никитин, А.И. Моделирование и управление процессами в нефтеперерабатывающей промышленности. Москва: Техносфера, 2015. – 390 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ, НА ОСНОВЕ ОПИСАНИЯ РАБОЧИХ ПРОСТРАНСТВ МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА В ВИДЕ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

ТУЛЕГЕНОВА Н. А.

студент, КАЗНИТУ имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

Современные манипуляционные роботы активно используются в промышленных и сервисных приложениях, где требуется высокая точность, гибкость и способность адаптироваться к изменяющимся условиям. Одной из ключевых задач при проектировании таких систем является планирование движения. Это включает поиск оптимальной траектории движения манипулятора, избегая столкновений с препятствиями, удовлетворяя при этом ограничениям на кинематику и динамику.

Использование логических функций для описания рабочей зоны манипуляторов представляет собой перспективный подход, который позволяет более формально и точно моделировать область доступных движений. В данной статье рассматривается разработка моделей и алгоритмов планирования движения, основанных

на использовании логических функций для описания рабочих пространств манипуляционных роботов.

Логические функции для описания рабочих пространств

Рабочее пространство манипулятора можно описать как множество точек, доступных для его захватного устройства. Обычно это пространство формируется в зависимости от геометрии, кинематики и механических ограничений робота. Для описания таких пространств с использованием логических функций применяются булевы выражения, где каждая переменная представляет определённое условие или ограничение.

Например, рабочее пространство может быть описано следующей логической функцией:

$$W(x, y, z) = (C_1 \wedge C_2) \vee (\neg C_3 \wedge C_4)$$

Формула 1 – Логическая функция рабочего пространства

где C_1, C_2, C_3, C_4

— это условия, накладываемые на координаты точки в пространстве или углы поворота суставов робота.

Подобные функции позволяют легко моделировать сложные пространства, включая область доступности, препятствия и недоступные зоны, такие как зоны безопасности.

Алгоритмы планирования движения

На основе логических функций могут быть разработаны эффективные алгоритмы планирования движения манипуляторов. Рассмотрим основные этапы процесса.

1 Декомпозиция рабочей зоны

Логическая функция, описывающая рабочее пространство, преобразуется в набор простых областей (например, выпуклых подпространств), которые проще анализировать. Для этого используются методы разложения, такие как минимизация булевых функций или преобразование в каноническую форму.

2 Генерация путей

На основе описания рабочей зоны в виде логической функции и заданной начальной и конечной точек, разрабатывается алгоритм поиска траектории. Ключевым шагом является определение

последовательности подпространств, через которые проходит траектория, с учётом ограничений. Для этого можно использовать:

- Графовые методы (например, A*, RRT);
- Математическое программирование (например, Mixed-Integer

Linear Programming).

3 Оптимизация движения

После генерации траектории производится её оптимизация с учётом параметров времени, энергии и плавности. Для этого применяются численные методы, такие как градиентный спуск или генетические алгоритмы.

Преимущества подхода

Использование логических функций для описания рабочих пространств обладает рядом преимуществ:

- Гибкость и точность: позволяет моделировать сложные ограничения, включая геометрические, кинематические и динамические.
- Формализация: логические функции упрощают процесс анализа и автоматизации генерации путей.
- Масштабируемость: подход легко адаптируется к роботам с различной конфигурацией.

Пример реализации

Пример кода для MATLAB, который реализует базовый подход к планированию траектории манипулятора на основе рабочего пространства и описания препятствий.

Этот код:

1 Описывает рабочее пространство манипулятора.

2 Определяет препятствия.

3 Использует алгоритм поиска пути (например, A*) для планирования движения.

Код MATLAB:

```
% === Параметры рабочего пространства ===
clc; clear; close all;
workspace_x = 0:0.1:10; % Диапазон по оси X
workspace_y = 0:0.1:10; % Диапазон по оси Y
% === Описание препятствий ===
% Препятствия представлены в виде логической матрицы
obstacle_map = false(length(workspace_x), length(workspace_y));
[X, Y] = meshgrid(workspace_x, workspace_y);
% Пример: круговое препятствие
circle_center = [5, 5];
```

```
circle_radius = 2;
obstacle_map((X - circle_center(1)).^2 + (Y - circle_center(2)).^2
< circle_radius^2) = true;
% === Начальная и конечная точки ===
start_point = [1, 1];
goal_point = [9, 9];
% === Визуализация рабочего пространства ===
figure;
hold on;
imagesc(workspace_x, workspace_y, obstacle_map');
colormap([1 1 1; 1 0 0]); % Белый - свободное пространство,
красный - препятствия
plot(start_point(1), start_point(2), 'go', 'MarkerSize', 10,
'LineWidth', 2); % Начальная точка
plot(goal_point(1), goal_point(2), 'bo', 'MarkerSize', 10,
'LineWidth', 2); % Конечная точка
title('Рабочее пространство');
xlabel('X');
ylabel('Y');
axis equal;
grid on;
% === Алгоритм A* для поиска пути ===
path = a_star_algorithm(workspace_x, workspace_y, obstacle_map,
start_point, goal_point);
% === Визуализация траектории ===
if ~isempty(path)
    plot(path(:,1), path(:,2), 'g-', 'LineWidth', 2); % Траектория
else
    disp('Путь не найден!');
end
% === Функция A* ===
function path = a_star_algorithm(workspace_x, workspace_y,
obstacle_map, start_point, goal_point)
% Подготовка
start_idx = [find(workspace_x == start_point(1)), find(workspace_y
== start_point(2))];
goal_idx = [find(workspace_x == goal_point(1)), find(workspace_y
== goal_point(2))];
% Размеры карты
[rows, cols] = size(obstacle_map);
```

```

% Списки A* (открытые и закрытые узлы)
open_list = [];
closed_list = false(rows, cols);
% Начальный узел
open_list = [open_list; start_idx, 0, heuristic(start_idx, goal_idx),
0 + heuristic(start_idx, goal_idx)];
% Основной цикл
came_from = cell(rows, cols); % Хранение путей
while ~isempty(open_list)
% Сортировка открытого списка по стоимости f
[~, idx] = min(open_list(:,4));
current = open_list(idx, :);
open_list(idx, :) = [];
% Проверка достижения цели
if isequal(current(1:2), goal_idx)
    path = reconstruct_path(came_from, current(1:2),
workspace_x, workspace_y);
    return;
end
% Пометка текущего узла как закрытого
closed_list(current(1), current(2)) = true;
% Проверка соседей
neighbors = get_neighbors(current(1:2), rows, cols, obstacle_
map);
for i = 1:size(neighbors, 1)
    neighbor = neighbors(i, :);
    if closed_list(neighbor(1), neighbor(2))
        continue;
    end
    % Вычисление стоимости
    g_score = current(3) + 1;
    f_score = g_score + heuristic(neighbor, goal_idx);
    % Добавление в открытый список
    open_list = [open_list; neighbor, g_score, heuristic(neighbor,
goal_idx), f_score];
    came_from{neighbor(1), neighbor(2)} = current(1:2);
end
end
% Если путь не найден
path = [];

```

```

end
% === Функция эвристики ===
function h = heuristic(node, goal)
    h = abs(node(1) - goal(1)) + abs(node(2) - goal(2)); %
Манхэттенское расстояние
end
% === Функция восстановления пути ===
function path = reconstruct_path(came_from, current, workspace_x,
workspace_y)
    path = [workspace_x(current(1)), workspace_y(current(2))];
    while ~isempty(came_from{current(1), current(2)})
        current = came_from{current(1), current(2)};
        path = [workspace_x(current(1)), workspace_y(current(2))];
    path];
end
end
% === Функция получения соседей ===
function neighbors = get_neighbors(node, rows, cols, obstacle_map)
    directions = [0 1; 1 0; 0 -1; -1 0]; % Вверх, вправо, вниз, влево
    neighbors = [];
    for i = 1:size(directions, 1)
        neighbor = node + directions(i, :);
        if neighbor(1) > 0 && neighbor(1) <= rows && neighbor(2) >
0 && neighbor(2) <= cols && ~obstacle_map(neighbor(1), neighbor(2))
            neighbors = [neighbors; neighbor];
        end
    end
end
end
Объяснение данного кода в MATLAB
1. Рабочее пространство:


- Задаётся сетка рабочего пространства.
- Препятствия описываются с использованием логических условий.


2. Алгоритм A*:


- Реализован поиск оптимальной траектории с использованием эвристики (Манхэттенское расстояние).
- Учитываются препятствия и доступные области.


3. Визуализация:


- Отображается карта рабочего пространства, траектория, начальная и конечная точки.

```

Этот код можно адаптировать для более сложных конфигураций манипулятора и других типов алгоритмов.

График рабочего пространства (область, в которой может двигаться манипулятор) представляет собой сетку или матрицу, где каждая ячейка соответствует конкретной точке на плоскости. Основная идея в том, что карта делит пространство на свободные зоны и зоны препятствий.

- Белые зоны на графике — это свободное пространство, где может двигаться робот.
- Красные зоны — области, занятые препятствиями.

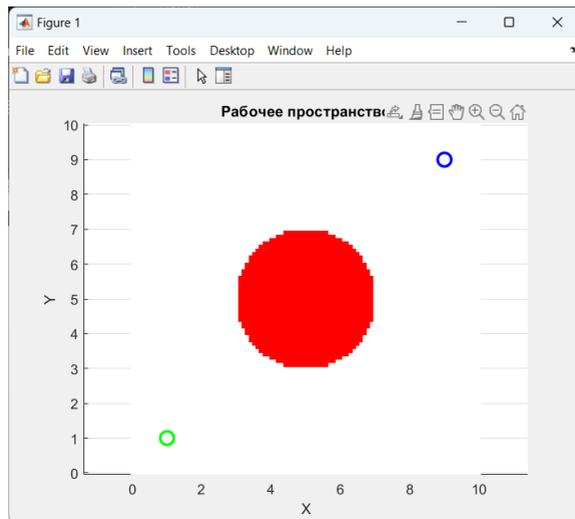


Рисунок 1 – Визуализация рабочего пространства

Пример:

Если манипулятору нужно пройти из точки (1, 1) в точку (9, 9), алгоритм A* построит маршрут, обходя красные зоны.

На итоговом графике отображены:

- Свободные зоны (белые).
- Препятствия (красные).
- Начальная и конечная точки (зеленая и синяя).
- Найденный путь (зеленая линия).

Заключение

Разработка моделей и алгоритмов планирования движения манипуляционных роботов с использованием логических функций

открывает новые горизонты для робототехники. Такой подход позволяет более точно описывать рабочие пространства, оптимизировать движение и обеспечивать безопасность систем. В будущем исследование этого направления может привести к созданию более автономных и интеллектуальных роботизированных систем.

Для достижения конечной точки манипулятору необходимо будет построить траекторию, которая обходит препятствие. Учитывая расположение препятствия, оптимальный маршрут, скорее всего, пройдет вокруг него по верхней или нижней части рабочей области. Если добавить алгоритм планирования, то можно визуализировать траекторию, чтобы подтвердить оптимальность пути.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Latombe J.-C. “Robot Motion Planning”. Kluwer Academic Publishers, 1991. – 125 с.
- 2 LaValle S. M. “Planning Algorithms”. Cambridge University Press, 2006. – С. 86-94.
- 3 Миллер Д. и др. “Логический подход к описанию рабочих пространств манипуляторов”. Журнал “Автоматика и робототехника”, 2022. – С. 39-42.
- 4 Stuart Russell, Peter Norvig “Artificial Intelligence: A Modern Approach”. Pearson, 2020. – 141с.
- 5 Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, Giuseppe Oriolo “Robotics: Modelling, Planning and Control”. Springer, 2009. - 56с.

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И КРИПТОГРАФИЯ: ЗАЩИТА ДАННЫХ С УЧЕТОМ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

ТУРЛЫБЕКОВ А. Б.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар
САҒЫНДЫҚ Ә. Б.

PhD, асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Интернет вещей (IoT-Internet of Things) - это новая концепция, описывающая, как объекты реального времени интегрируются в сеть. Сущностями реального времени могут быть датчики, приводы, метки радиочастотной идентификации (RFID), мобильные телефоны, носимые устройства и так далее. Использование технологии Интернета вещей (IoT) в различных энергетических системах называют IoE (Internet of Energy).

Хотя использование IoT имеет свои преимущества, также существуют риски, связанные с его использованием. Различные риски связаны с безопасностью данных, конфиденциальностью данных, кибербезопасностью и т.д. Самой масштабной кибератакой на объект энергетики, можно считать случай в Венесуэле, который произошел в 2019 году. Как сообщили власти страны, хакеры атаковали автоматическую систему контроля крупнейшей ГЭС «Эль-Гури». Правительство Венесуэлы решило временно остановить работу гидроэлектростанции, что привело к отключению электричества практически по всей стране. Почти сутки без света находился 21 штат из 23, в том числе социальные объекты: школы, больницы. Правительства и общественность должны быть готовы к этим рискам и принимать соответствующие меры для защиты данных и обеспечения безопасности сетей. Чтобы защитить данные, связанные с IoT/LoE, нужно принимать меры по обеспечению безопасности устройств и данных. Необходимо использовать надежные методы шифрования, чтобы защитить данные, передаваемые между устройствами и в сети.

Классические системы шифрования широко используются для защиты информации, и внедрение казахского алфавита в них может предоставить дополнительный уровень защиты. Казахский алфавит имеет уникальные характеристики, которые могут быть использованы для создания новых и более сильных систем шифрования. Например, наличие дополнительных букв и диакритических знаков может быть не верно интерпретировано злоумышленником, не знающим казахского языка.

Существуют различные типы криптографических решений для защиты наших важных данных, но, к сожалению, не все из них подходят для сред с ограниченными ресурсами, таких как устройства IoT. Современные криптографические примитивы можно разделить на две категории: криптография с асимметричным ключом и криптография с симметричным ключом.

Из всех асимметричных алгоритмов ECC (Elliptic Curve Cryptography) потребляет меньше энергии, чем другие алгоритмы. Этот подход к реализации в IoT в последнее время стал важной темой исследований, но в основном с точки зрения программного обеспечения. ECC с открытым исходным кодом для ОС Contiki для IoT был реализован и оценен [1]. Он был выпущен под лицензией Berkeley Software Distribution (BSD). Подход ECC был применен [2], где они реализовали протокол с нулевым разглашением

в универсальной библиотеке программирования с открытым исходным кодом под названием Wiselib. [3] показал, что вычисления ECC могут быть эффективно защищены от атак по боковым каналам. Этот подход соответствовал упрощенным требованиям с минимальным уровнем безопасности. [4] показали сравнительное исследование между RSA, криптографией Диффи-Хеллмана и криптографией эллиптических кривых с Диффи-Хеллмана (ECDH). Согласно их выводам, ECDH работает лучше, чем другие алгоритмы, с точки зрения мощности и площади. Результаты оценки криптографии с открытым ключом не являются полными, как криптография с симметричным ключом.

Алгоритмы симметричной криптографии не используют много ресурсов и быстрее в операциях, потому что в первую очередь эти операции основаны на побитовых функциях, таких как XOR и перестановки. В результате эти алгоритмы больше подходят для приложений IoT [5]. Очень важным различием в симметричных алгоритмах являются потоковые шифры, хеш-функции и блочные шифры [6-8].

Все эти шифры являются современными криптографическими алгоритмами, предназначенными для защиты данных и обеспечения конфиденциальности при передаче или хранении информации. Специалисты в сфере кибербезопасности постоянно оптимизируют существующие криптографические стандарты и разрабатывают новые алгоритмы для защиты каналов передачи данных и связи.

Одним из ранних примеров моноалфавитного шифра был шифр Цезаря, который использовался Юлием Цезарем во времена его Галльских походов. Каждая буква исходного текста заменяется новой, полученной путем сдвига алфавита [8]. На рисунке 1 изображено такое шифрующее преобразование, состоящее из трех циклических сдвигов алфавита.

<i>ОТКРЫТЫЙ ТЕКСТ</i>																				
А	Ә	Б	В	Г	Ғ	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й	К	Қ	Л	М	Н	Ң	О	Ө
В	Г	Ғ	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й	К	Қ	Л	М	Н	Ң	О	Ө	П	Р	С
<i>ШИФРОВАННЫЙ ТЕКСТ</i>																				
<i>ОТКРЫТЫЙ ТЕКСТ</i>																				
П	Р	С	Т	У	Ұ	Ү	Ф	Х	Һ	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	І	Ь	Э	Ю	Я
Т	У	Ұ	Ү	Ф	Х	Һ	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	І	Ь	Э	Ю	Я	А	Ә	Б
<i>ШИФРОВАННЫЙ ТЕКСТ</i>																				

Рисунок 1 – Пример шифра – алфавит Цезаря для казахского алфавита со сдвигом равным 3 буквам смещения

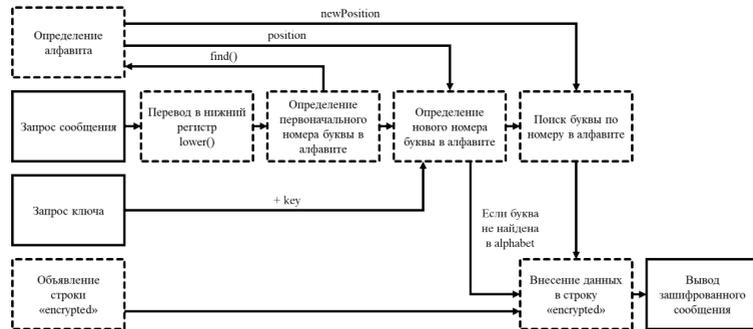


Рисунок 2 – Структурная схема, описывающая принцип работы алгоритма шифра Цезаря на языке программирования python

Описание принципа работы алгоритма шифра Цезаря на языке программирования python (рисунок 2):

1. Сначала, программа определяет алфавит, который будет использоваться для шифрования. В нашем случае кириллица с включением букв казахского алфавита.

Алфавит задается таким образом, чтобы последовательность букв повторялась два раза подряд. Это необходимо для того, чтобы при добавлении ключа к номерам букв, стоящих в конце алфавита, программа могла использовать, в таком случае, буквы из начала алфавита.

2. Далее, пользователю предлагается ввести сообщение, которое необходимо зашифровать;

3. Затем пользователю требуется ввести значение ключа, которое должно быть целым числом от 1 до 41.

4. Затем создается пустая строка «encrypted», в которую символом будет сохранено зашифрованное сообщение.

5. Каждая буква сообщения переводится в нижний регистр с помощью метода «lower()», чтобы упростить обработку.

6. Для каждой буквы, алгоритм находит ее позицию в алфавите «alphabet» с помощью метода «find()».

7. Затем к числовому значению найденной позиции прибавляется значение ключа «key», чтобы получить новую позицию буквы. Если буква не находится в алфавите «alphabet» (например, пробел или знак пунктуации), то добавляется к переменной «encrypted» без изменений.

8. Новая позиция буквы находится в том же алфавите «alphabet» и зашифрованная буква добавляется к переменной «encrypted».

9. После обработки всех букв в сообщении, алгоритм выводит зашифрованное сообщение на экран.

10. Пользователю предлагается нажать Enter для завершения процесса и закрытия программы.

Таким образом, алгоритм выполняет замену каждой буквы в сообщении на букву, которая находится на определенном смещении от исходной буквы в алфавите «alphabet», используя заданный ключ (рисунок 3).

Если использовать представленный пример (рисунок 1) алфавита Цезаря, сообщение «ТӨРАҒА - ТҮПСІЗ ҺӘМ ТҮҢҒИЫҚ» будет зашифровано как «ҮСУВЁВ - ҮҺТҮЮЛ ШГО ҮХПЁКЭН».

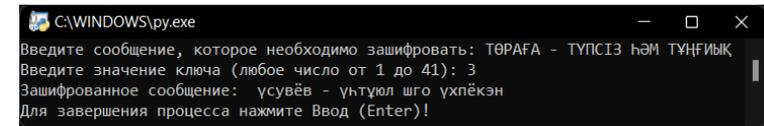


Рисунок 3 – Пример работы программы для процесса шифрования

Дешифрующий ключ — это простое число сдвигов алфавита; с выбором нового ключа код изменяется. Для дешифрации сообщения зашифрованных методом Цезаря достаточно выбрать отрицательное значение ключа смещения алфавита. Например, если сообщение было зашифровано ключом «3», то будет дешифровано ключом «-3» (рисунок 4).

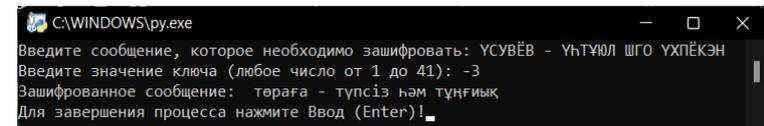


Рисунок 4 – Пример работы программы для процесса дешифрования

Как можно заметить, дешифрованное сообщение совпадает с исходным сообщением. То есть, можно сказать, что программа работает правильно. Пример алгоритма Цезаря на языке python представлен на рисунке 5.

```

alphabet = "абвгдеёжзийлклмнопрстууфхцчщщъььэюяабвгдеёжзийлклмнопрстууфхцчщщъььэюя"
encrypt = input("Введите сообщение, которое необходимо зашифровать: ")
key = int(input("Введите значение ключа (любое число от 1 до 41): "))
encrypted = ""
encrypt = encrypt.lower()
for letter in encrypt:
    position = alphabet.find(letter)
    newPosition = position + key
    if letter in alphabet:
        encrypted = encrypted + alphabet[newPosition]
    else:
        encrypted = encrypted + letter
print("Зашифрованное сообщение: ", encrypted)
input("Для завершения процесса нажмите Ввод (Enter)!")

```

Рисунок 5 - Алгоритм Цезаря на языке python

Разработка новых шифров, которые учитывают специфические особенности казахского языка, может быть сложной задачей, требующей специальных знаний в области криптографии и лингвистики. Однако такие усилия помогут сохранить культурное наследие и продвинуть национальную идентичность, предоставив уникальный инструмент для защиты конфиденциальной информации.

Таким образом, использование казахского алфавита в классических системах шифрования может предоставить дополнительный уровень защиты конфиденциальной информации, а также способствовать сохранению культурного наследия и продвижению национальной идентичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. O. P. Piñol, S. Raza, J. Eriksson and T. Voigt, "BSD-based elliptic curve cryptography for the open Internet of Things," 2015 7th International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS), Paris, 2015, pp. 1-5.
2. P. G. Spirakis, I. Chatzigiannakis, A. Pyrgelis and Y. C. Stamatiou, "Elliptic curve based zero knowledge proofs and their applicability on resource constrained devices," Proc. - 8th IEEE Int. Conf. Mob. Ad-hoc Sens. Syst. MASS, 2011.
3. T. Backenstrass, M. Blot, S. Pontie and R. Leveugle. "Protection of ECC computations against side-channel attacks for lightweight implementat," In IEEE International Verification and Security Workshop (IVSW), 2016.

4. T. K. Goyal and V. Sahula, "Lightweight security algorithm for low power IoT devices," 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Jaipur, 2016, pp. 1725-1729.

5. S. Chandra, S. Paira, S. S. Alam and G. Sanyal, "A comparative survey of symmetric and asymmetric key cryptography," 2014 International Conference on Electronics, Communication and Computational Engineering (ICECCE), Hosur, 2014, pp. 83-93.

6. M. A. Philip and Vaithyanathan, "A survey on lightweight ciphers for IoT devices," 2017 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy (TAP Energy), Kollam, 2017, pp. 1-4.

7. A. Bogdanov, G. Leander, C. Paar, A. Poschmann, M.J. Robshaw, Y. Seurin Hash functions and RFID tags: mind the gap International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, Springer (2008), pp. 283-299

8. B.T. Hammad, N. Jamil, M.E. Rusli, M.R. Z`aba A survey of lightweight cryptographic hash function Int. J. Sci. Eng. Res. (7) (2017), pp. 806-814

9. I. K. Dutta, B. Ghosh and M. Bayoumi, "Lightweight cryptography for internet of insecure things: a survey," 2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 0475-0481.

10. Склад, Бернгард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

ТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗАТОРА ПЛОТНОСТИ СЫРЬЯ

ХАЦЕВСКИЙ В. Ф.

д.т.н., профессор Торайгыров университет, г. Павлодар

ХАЦЕВСКИЙ К. В.

д.т.н., профессор Омского института водного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Омск

Системы управления установками технологической подготовкой продукции (СУУТП) играют ключевую роль в промышленных производствах, обеспечивая стабильность и эффективность технологических процессов. В контексте современной промышленности, где высокие технологии и автоматизация

становятся все более важными, виртуальные анализаторы становятся неотъемлемой частью СУУТП. Они предоставляют операторам и инженерам необходимую информацию о состоянии и параметрах производственного процесса без необходимости физического присутствия на месте и без значительных задержек.

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются операторы при ведении технологических процессов, является изменчивость сырья. Вариации в качестве, составе и других характеристиках сырья могут значительно влиять на эффективность и качество производства. Именно здесь виртуальные анализаторы выходят на первый план, предоставляя средства для мониторинга и управления этой изменчивостью [1].

Эффективное управление изменчивостью сырья и адаптация технологического процесса к изменяющимся условиям позволят снизить потери качества продукции, повысить производительность и сократить затраты на производство. Таким образом, создание виртуального анализатора является важным шагом в обеспечении стабильности и эффективности технологического процесса.

Виртуальные анализаторы – это программные или аппаратные компоненты, которые используются для анализа данных и параметров процесса на основе математических моделей, статистических методов и других техник. В контексте систем управления технологическими процессами, виртуальные анализаторы играют важную роль в мониторинге и управлении производственными процессами [2, с. 28].

Основные функции виртуальных анализаторов включают в себя:

Моделирование процесса. Создание математических моделей, которые описывают зависимости между различными параметрами процесса.

Прогнозирование. Предсказание значений параметров процесса на основе текущих и исторических данных.

Оптимизация. Определение оптимальных настроек и параметров процесса для достижения заданных целей.

Управление. Автоматизация процесса принятия решений и управления производственным оборудованием на основе данных, полученных от виртуальных анализаторов.

В контексте оценки изменчивости сырья, виртуальные анализаторы позволяют операторам и инженерам анализировать и прогнозировать характеристики сырья на основе доступных данных. Это особенно важно в условиях переменного качества и состава

сырья, когда точная оценка его характеристик может существенно повлиять на эффективность производственного процесса.

Одним из ключевых преимуществ виртуальных анализаторов является их способность адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям производства. Путем обновления математических моделей и параметров процесса, виртуальные анализаторы могут эффективно справляться с изменениями в составе сырья и другими факторами, влияющими на производственные процессы.

Перед началом процесса разработки необходимо определить математическую модель, которая наилучшим образом описывает зависимость плотности сырья от его состава и других факторов. Это может включать в себя использование статистических методов, машинного обучения и других техник.

Множественная линейная регрессия (Multiple Linear Regression) – это метод анализа данных, который позволяет установить математическую связь между двумя или более переменными. Этот метод является распространенным и широко используемым в статистике, позволяет описать зависимость между одной зависимой переменной Y и несколькими независимыми переменными X_1, X_2, X_n . Каждая независимая переменная описывается своим коэффициентом, который показывает величину изменения зависимой переменной при изменении соответствующей независимой переменной на единицу [1, с. 35]. Описывается следующей формулой:

$$Y = k_0 + k_1 * X_1 + k_2 * X_2 + k_n * X_n,$$

где Y – зависимая переменная; X_1, X_2, X_n – независимые переменные; k_0 – свободный член; k_1, k_2, k_n – коэффициенты наклона (веса) для каждой независимой переменной.

Множественная линейная регрессия может быть использована для прогнозирования значения зависимой переменной на основе значений независимых переменных. Таким образом, она может быть использована для анализа взаимосвязи между переменными и для предсказания будущих значений.

При выборе регрессоров для виртуального анализатора, необходимо учитывать ключевые параметры и характеристики технологического процесса, а также влияние этих параметров на целевую переменную, в данном случае - плотность сырья.

Процесс начинается с поступления широкой фракции НК-180 на установку. Далее сырье подвергается дегексанизации в

первой колонне, где происходит разделение на две фракции: НК-62 и 62-180. Фракция 62-180 направляется во вторую колонну, где происходит дальнейшее разделение на три фракции: 140-170, 170-180 и 62-140. Фракция 62-140 затем проходит через третью колонну, где разделяется на две другие фракции: 62-85 и 85-140.

Исходя из выбранных регрессоров, спроектирован виртуальный анализатор плотности сырья. Коэффициенты регрессоров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты регрессоров

Независимые переменные	TI09	FRC17	FRC30	FRC43
Описание	Температура куба первой колонны	Расход фракции НК-62	Расход фракции 140-170	Расход фракции 170-180
Корреляция	0,7	-0,7	0,5	0,4
Лаг(минуты)	15	45	90	45
Коэффициенты	0,0006	-0,000095	0,00012	0,000089

Математическая модель виртуального анализатора:

$$Y = 0,64344 + 0,0006 \cdot TI09 - 0,000095 \cdot FRC17 + 0,00012 \cdot FRC30 + 0,000089 \cdot FRC43$$

Графики зависимости значений виртуального анализатора и лабораторных отборов представлены на рисунке 1.

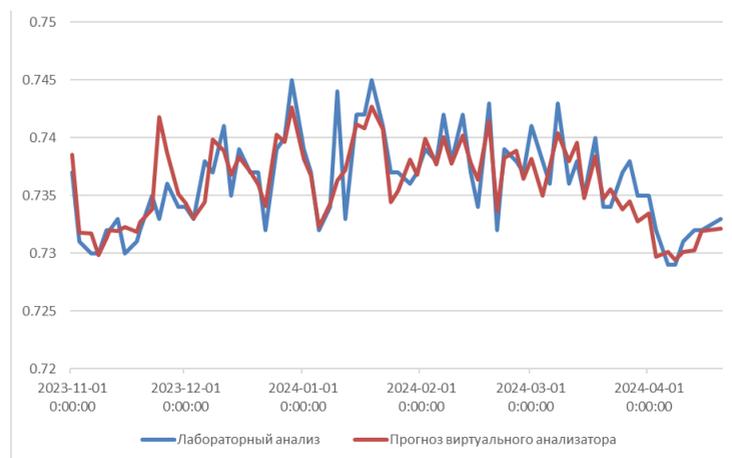


Рисунок 1 – Сравнительный анализ результатов моделирования

Для оценки виртуального анализатора использовались следующие критерии: средняя квадратичная ошибка, средняя абсолютная ошибка, коэффициент корреляции, коэффициент детерминации. Оценка приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка виртуального анализатора

Виртуальный анализатор	Средняя квадратичная ошибка	Средняя абсолютная ошибка	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации
Виртуальный анализатор плотности сырья	0,001734	0,000548	0,887	0,74

Представлен подход к созданию виртуального анализатора для оценки изменчивости сырья в технологическом процессе. Использование виртуальных анализаторов является эффективным инструментом для мониторинга и управления производственными процессами, особенно в условиях переменного качества сырья.

Созданный виртуальный анализатор позволит операторам эффективно контролировать и оптимизировать технологический процесс, а также принимать предиктивные решения на основе анализа текущих данных. Предложенный подход позволит снизить риски неоптимального управления и повысить эффективность производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. – 3-е изд. – М.: «Диалектика», 2007.
- 2 Мусаев А.А. Виртуальные анализаторы: концепция построения и применения в задачах управления непрерывными ТП // Автоматизация в промышленности. – № 8. – 2003. – С. 28-44.

Секция 4

Құрылыстағы және агроөнеркәсіптік кешендегі энергия тиімді
технологиялар мен инновациялар
Энергоэффективные технологии и инновации в
строительстве и агропромышленном комплексе

РАСЧЕТ ОСАДОК СОСЕДНИХ ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ

БЕКИШЕВА А. С., ТАСТАН Н. Е.

магистранты, Торайгыров университет, г. Павлодар

МАХАНОВ С. Н.

ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУКЕНОВА Г. А.

PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Известно, что строительство нового фундамента вблизи уже существующего вызывает дополнительные осадки последнего, связанные с уплотнением грунтов от действия сжимающих напряжений, возникающих при неравномерном нагружении оснований. При этом характер развития неравномерных осадок оснований соседних фундаментов зависит от ряда факторов, в числе которых сжимаемость грунтов, последовательность приложения нагрузки и ее величина, расстояние между примыкающими фундаментами. Односторонняя пригрузка основания может привести к таким негативным последствиям, как наклон, крен, неравномерная осадка фундаментов, искривление и перекося строительных конструкций. В связи с этим при проектировании, в особенности при расчете оснований близко расположенных сооружений по деформациям, весьма важен учет этого обстоятельства [1].

Для решения поставленной задачи применяемая расчетная схема должна учитывать такие факторы, как действительные размеры неодинаково уплотненных зон основания, законы сжимаемости грунтов в их пределах и области наложения различных напряженных зон в соответствующих сочетаниях с учетом последовательности приложения и величины нагрузок.

Однако используемые в проектной практике механические схемы традиционных методов определения осадок фундаментов не позволяют прогнозировать фактические размеры активной зоны основания, поскольку согласно теории линейно-деформируемой

среды предназначены для расчета деформации не реального, а идеализированного грунта, характеризующегося условными показателями сжимаемости (β , E_0). В связи с этим результаты их расчетов дают весьма завышенные значения параметров N_a , V_a , и L_a . Тем не менее, действующие строительные нормы рекомендуют расчет осадок соседних фундаментов производить по приближенному методу элементарного суммирования, применяя способ угловых точек [1]. Однако, как показывают сравнительные анализы, при использовании метода суммирования прогнозируемая (рассчитанная) величина сжимаемой толщи $N_{выч}$ основания в 2 и более раза превышает их фактические (экспериментальные) значения. Причем вычисленная величина осадки является не полной, а лишь ее вертикальной составляющей, то есть $S=S_z$, поскольку расчет ведется с учетом действия только вертикальных сжимающих нормальных напряжений σ_z

Неприемлемость метода СНиПа для решения рассматриваемой сложной задачи очевидна. Потому что для определения осадок последовательно загружаемых соседних фундаментов нужно ввести в расчет фактические размеры локальных упрочненных зон основания и измененные характеристики сжимаемости уплотненных грунтов в пределах этих зон. Поскольку действительные размеры указанных локальных зон некорректно переносить на расчетную схему идеализированного основания (для которого $N_{выч} > N_{факт}$) рассматриваемого методом суммирования регламентируемым СНиП, возникает необходимость поиска нового подхода к методике расчета осадок оснований фундаментов близко расположенных зданий [2].

Для расчета осадок оснований соседних фундаментов с учетом характера их взаимодействия предлагается использование вышеизложенного метода расчета осадок, базирующегося на идее объемного сжатия основания под действием главных нормальных напряжений, возникающих в пределах его активной области.

В соответствии с расчетной схемой предложенного метода осадка фундамента рассматривается как сумма замкнутого объемного сжатия грунта под действием наибольших главных нормальных напряжений, возникающих в подзонах (I, II и III), выделенных в пределах активной зоны основания. При этом условие замкнутого сжатия грунта в пределах неодинаково напряженных подзон (I, II и III) основания моделируется компрессионным испытанием, результаты которого в виде закона изменения коэффициента

пористости e грунта естественной структуры от величины наибольших главных нормальных напряжений непосредственно вводится в расчет осадки S фундамента проектируемого объекта [3].

Представим два соседних фундамента с указанием расстояния между ними l и границ активных зон их оснований 1 и $1'$ (рис.1). Примем, что параметр l_{np} является предельно допустимым расстоянием между соседними фундаментами, при котором их взаимное влияние исключается, так как их активные зоны (1 и $1'$) будут изолированы друг от друга. В таком случае выполняется условие $l \geq l_{np}$ поэтому каждый из фундаментов получает независимую от соседнего осадку.

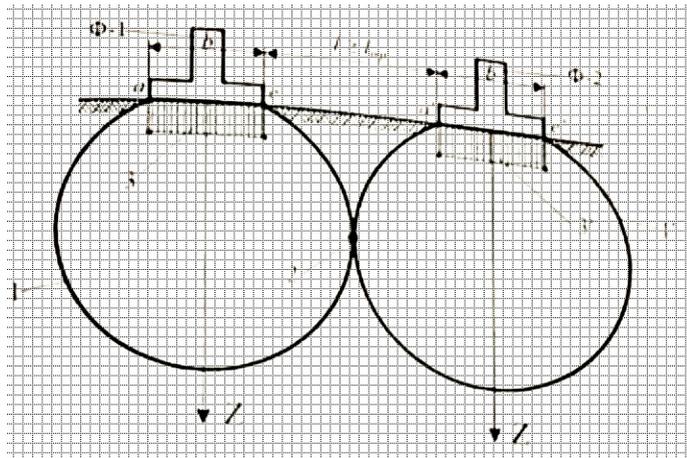


Рисунок 1 – Взаимное влияние соседних фундаментов на осадки их оснований, в случае, когда фундаменты подвержены действию соседнего

Если фундаменты располагать на более близком расстоянии, чем l_{np} например, при $l < l_{np}$, то они будут оказывать друг на друга взаимное влияние в связи с наложением 2 активных, наиболее напряженных зон их оснований 1 и $1'$ (рис. 2). Причем чем ближе будет расстояние между соседними фундаментами ($l \ll l_{np}$), тем сильнее будет проявляться влияние этого фактора на развитие их осадок.

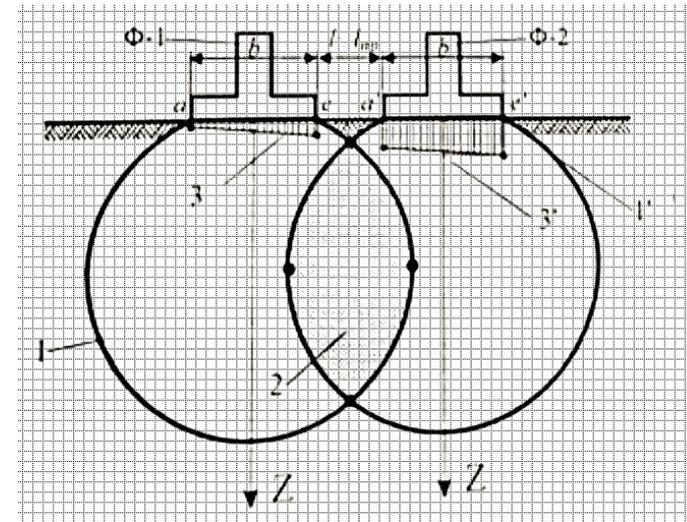


Рисунок 2 – Взаимное влияние соседних фундаментов на осадки их оснований, в случае, когда фундаменты подвержены действию соседнего

Для анализа характера развития осадок оснований соседних фундаментов при различных условиях взаимодействия рассмотрим три случая их взаимного расположения.

Случай 1. Фундаменты возводятся на однородном грунте естественной структуры, и расстояние между ними больше его предельно допустимого значения $l > l_{np}$. Так как при этом условии обеспечивается изолированность активных зон (1 и $1'$), то, при прочих равных условиях, осадки обоих фундаментов должны развиваться независимо друг от друга равномерно, достигая их наибольших величин S , что проиллюстрировано эпюрами 3 и $3'$.

Случай 2. Соседние фундаменты возводятся одновременно на близком расстоянии при $l > l_{np}$ на однородном грунте природного сложения (рис.2). В отличие от изолированных фундаментов, в этом случае каждый фундамент будет испытывать одинаковое влияние от загрузки соседнего, что объясняется наложением 2 активных зон 1 и $1'$ оснований. Вследствие сжатия грунта от действия дополнительных сжимающих напряжений, возникающих в области наложения 2 активных зон 1 , $1'$ обоих фундаментов, каждый из них получит дополнительную осадку (рис.2). Очевидно, что, при прочих равных условиях, по сравнению с осадкой изолированного

фундамента S , осадка фундамента, испытывающего влияние соседнего, будет больше:

$$S_{\text{нов}}^{\text{вл}} > S,$$

на основании этого неравенства можно принять:

$$S_{\text{нов}}^{\text{вл}} = S + S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$$

где $S_{\text{нов}}^{\text{вл}}$ – осадка фундамента, испытывающего влияние соседнего фундамента;

S – осадка изолированного фундамента, без учета влияния соседнего фундамента;

$S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ – дополнительная осадка фундамента, вызванная влиянием загрузки соседнего фундамента. Она обусловлена сжатием грунта естественного сложения в области наложения 2 от действия суммарных сжимающих напряжений, возникающих при одновременном нагружении обоих фундаментов.

При проектировании соседних фундаментов в соответствии со случаем 2 дополнительную осадку фундамента $S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ рекомендуется определять по методу расчета объемных осадок, используя компрессионную кривую, отражающую закон сжатия грунта естественного сложения с учетом наложения напряженных зон оснований взаимодействующих фундаментов.

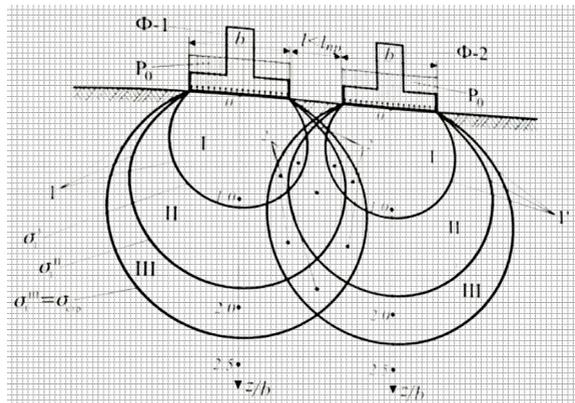


Рисунок 3 – Расчетная схема основания примыкающих фундаментов

1 и 1' – границы различных напряженных зон фундаментов Ф-1 и Ф-2; 2 – области наложения напряженных зон

На рисунке 3 показана расчетная схема оснований примыкающих фундаментов реконструируемого здания, используемая при определении их осадок с учетом характера взаимного влияния. Метод расчета объемных осадок позволяет определить величину $S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ в виде равномерного прироста осадки фундамента относительно всей площади его подошвы. Поэтому для наиболее полного учета величины $S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ в качестве негативного последствия фактора взаимного влияния рекомендуется при проектировании соседних фундаментов, соответствующих случаю 2, использовать следующий прием, осуществляемый в нижеизложенном порядке.

1. Определяют осадки соседних фундаментов без учета фактора взаимного влияния (рис. 2) и находят следующие величины осадок: $S_a = S_e = S_a' = S_e' = S$ и строят их эпюры 3 и 3', где S_a , S_e , S_a' , и S_e' – величины осадок, соответствующих точкам а, е, а, е подошвы соседних фундаментов.

2. Расчет дополнительной осадки $S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ осуществляют по следующей схеме:

$$S_{\text{дп}}^{\text{вл}} = S_{\text{дп}}^{\text{влI}} + S_{\text{дп}}^{\text{влII}} + S_{\text{дп}}^{\text{влIII}}$$

где $S_{\text{дп}}^{\text{вл}} = S_{\text{дп}}^{\text{влI}} + S_{\text{дп}}^{\text{влII}} + S_{\text{дп}}^{\text{влIII}}$ – составляющие дополнительной осадки фундамента (Ф-1), вызванные влиянием напряженных зон I, II и III основания соседнего фундамента (Ф-2), возникающих при его полном нагружении.

При этом составляющие дополнительной осадки $S_{\text{дп}}^{\text{вл}}$ представляют собой матрицу, отражающую взаимное влияние соседних фундаментов на их осадки:

$$\begin{aligned} S_{\text{дп}}^{\text{влI}} &= S_{\text{дпI}}^{\text{влII}} + S_{\text{дпII}}^{\text{влI}} + S_{\text{дпIII}}^{\text{влI}} \\ S_{\text{дп}}^{\text{влII}} &= S_{\text{дпII}}^{\text{влI}} + S_{\text{дпII}}^{\text{влII}} + S_{\text{дпIII}}^{\text{влII}} \\ S_{\text{дп}}^{\text{влIII}} &= S_{\text{дпIII}}^{\text{влI}} + S_{\text{дпIII}}^{\text{влII}} + S_{\text{дпIII}}^{\text{влIII}} \end{aligned}$$

Здесь для каждого члена матрицы приняты следующие обозначения: индекс означает номер зоны основания рассматриваемого фундамента, где находится область наложения, в пределах которой происходит доуплотнение грунта, выражающееся развитием соответствующего составляющего дополнительной осадки; степень показывает номер напряженной зоны основания

соседнего фундамента, под влиянием которой происходит доуплотнение грунта в соответствующей области наложения основания рассматриваемого фундамента.

Например, для расчетной схемы соседних фундаментов, показанной на рис. 3, величина $S_{дп}^{ВЛ} = 0$, так как напряженные зоны I обоих фундаментов не пересекаются.

3 Производят оценку неблагоприятного последствия взаимного влияния соседних фундаментов на их осадки.

3.1 Расчет по наибольшей величине осадки

$$S_{ВЛ}^{нов} =_{дп} \leq S_{пред}$$

где $S_{пред}$ - предельное значение осадки фундамента по СНиП.

3.2. Расчет по относительной неравномерности осадки

$(S_e - S_a)/b = (S_{ВЛ}^{нов} - S)/b = S_{ВЛ}^{дп}/b \leq i_{пред}$ где $i_{пред}$ - предельное значение крена фундамента по СНиП.

Расчет соседнего фундамента по осадкам производят в таком же порядке.

4. Окончательно принимают расстояние между проектируемыми фундаментами, исходя из условия:

$$l > l_{пр}$$

где $l_{пр}$ - предельно допустимое расстояние между соседними фундаментами, при котором удовлетворяются требования СНиП по осадкам.

Случай 3. Новый фундамент Ф-2 возводится по соседству со старым, уже существующим фундаментом Ф-1, под которым в пределах активной зоны I основания грунт уже уплотнился, в результате чего существенно снизилась его сжимаемость (рис. 2). В таком случае напряжения, вызванные нагружением нового фундамента Ф-2 в области наложения 2, обуславливают дополнительное сжатие уплотненного грунта основания существующего фундамента Ф-1, что приводит к его наклону в сторону возводимого фундамента. При этом новый фундамент Ф-2 окажется на неоднородном основании, так как со стороны старого фундамента Ф-1 грунт уже уплотнен, а по другую сторону находится еще в естественном состоянии. Очевидно, что, при прочих равных условиях, по сравнению с осадкой изолированного фундамента S, возводимого на грунте природного сложения, осадка фундамента Ф-2, устраиваемого на неоднородном частично уплотненном основании будет меньше:

$$S_{нов\ упл}^{ВЛ} < S$$

отсюда можно принять:

$$S_{нов\ упл}^{ВЛ} = S - S_{сн.упл}^{ВЛ}$$

где $S_{нов\ упл}^{ВЛ}$ - осадка возводимого фундамента, испытывающего влияние соседнего существующего фундамента;

$S_{сн.упл}^{ВЛ}$ - снижение осадки фундамента, возводимого около существующего, вызванное уплотненной частью (в области наложения 2) его основания, значение которого определяется из условия:

$$S_{нов.упл}^{ВЛ} = S_{дп.упл}^{ВЛ}$$

где $S_{дп.упл}^{ВЛ}$ - дополнительная осадка существующего фундамента, обусловленная сжатием ранее уплотненного грунта в области наложения 2 от действия дополнительных сжимающих напряжений, возникающих при полном нагружении соседнего возводимого фундамента.

Таким образом, причиной развития неравномерностей осадок (крен) соседних фундаментов при их последовательном нагружении является доуплотнение ранее обжатого грунта в области наложения (перекрывания) активных зон основания обоих фундаментов.

Следует отметить, что характер различия последствий фактора взаимного влияния для рассмотренных случаев 2 и 3 (рис.2) взаимодействия соседних фундаментов иллюстрирует следующее неравенство:

$$S_{дп}^{ВЛ} > S_{дп.упл}^{ВЛ}$$

При проектировании соседних фундаментов в соответствии с случаем 3 величины осадок $S_{дп.упл}^{ВЛ} = S_{сн.упл}^{ВЛ}$ рекомендуется определять по методу расчета объемных осадок, используя компрессионную кривую, отражающую закон сжатия ранее уплотненного грунта с учетом наложения напряженных зон оснований взаимодействующих фундаментов.

Метод расчета объемных осадок позволяет определить величины $S_{дп.упл}^{ВЛ}$ и $S_{сн.упл}^{ВЛ}$ соответственно в виде равномерного прироста осадки существующего фундамента и равномерного снижения осадки возводимого фундамента. Поэтому для наиболее полного учета величин $S_{дп.упл}^{ВЛ}$ и $S_{сн.упл}^{ВЛ}$ в качестве неблагоприятных последствий фактора взаимного влияния рекомендуется (в соответствии с случаем 3 их взаимодействия) использовать следующий прием, осуществляемый в излагаемом ниже порядке.

А Порядок расчета существующего фундамента (Ф-1)

1. Расчет дополнительной осадки $S_{дп.упл}^{ВЛ}$ существующего фундамента производят по следующей схеме (рис.2):

$$S_{дп.упл}^{ВЛ} = S_{дп.уплI}^{ВЛ} + S_{дп.уплII}^{ВЛ} + S_{дп.уплIII}^{ВЛ}$$

где $S_{дп.уплI}^{ВЛ}$, $S_{дп.уплII}^{ВЛ}$, $S_{дп.уплIII}^{ВЛ}$ - составляющие дополнительной осадки существующего фундамента (Ф-1), обусловленные последующим сжатием уплотненных зон (I, II и III) его основания под влиянием неодинаково напряженных зон (I, II и III), возникающих в основании соседнего возводимого фундамента (Ф-2) при полном загрузении.

В таком случае составляющие дополнительной осадки $S_{дп.упл}^{ВЛ}$ существующего фундамента представляют собой также матрицу, отражающую взаимное влияние соседних фундаментов на их осадки:

$$\begin{aligned} S_{дп.уплII}^{ВЛ} &= S_{дп.уплII}^{ВЛI} + S_{дп.уплII}^{ВЛII} + S_{дп.уплII}^{ВЛIII} \\ S_{дп.уплI}^{ВЛ} &= S_{дп.уплI}^{ВЛI} + S_{дп.уплI}^{ВЛII} + S_{дп.уплI}^{ВЛIII} \end{aligned}$$

Каждый член матрицы имеет следующие обозначения: индекс показывает номер зоны основания существующего фундамента, где находятся области наложения, в пределах которых происходит дополнительное сжатие ранее уплотненного грунта, выражающееся развитием соответствующего составляющего дополнительной осадки; степень означает номер напряженной зоны основания соседнего возводимого фундамента, под влиянием которой

происходит дополнительное сжатие ранее уплотненного грунта в соответствующей области наложения основания существующего фундамента.

Например, при расположении соседних фундаментов, показанных на рисунке 3, величина $S_{дп.уплI}^{ВЛ} = 0$, что объясняется изолированностью напряженных зон I обоих фундаментов.

2. Производят оценку негативного последствия влияния вблизи возводимого фундамента на осадку существующего фундамента.

2.1. Расчет по относительной неравномерности осадки:

$$(S_e - S_a)/b = S_{сн.упл}^{ВЛ} / b \leq i_{пред}$$

где $i_{пред}$ - предельное значение крена фундамента по СНиП.

3. Окончательно принимают расстояние между проектируемыми фундаментами l исходя из условия

$$l > l_{пр}$$

где $l_{пр}$ - предельно допустимое расстояние между соседними фундаментами, при котором удовлетворяются требования СНиП по осадкам.

Б Порядок расчета нового возводимого фундамента (Ф-2)

1. Определяют осадку S проектируемого фундамента (Ф-2) без учета фактора взаимного влияния, как для основания, сложенного из грунта природной структуры и примут следующие величины осадок (рис.2): $S_a = S_e = S$.

2. Воспользовавшись результатами расчета существующего фундамента (Ф-1) приняв $S_{сн.упл}^{ВЛ} = S_{дп.упл}^{ВЛ}$, производят оценку неблагоприятного последствия влияния частичной уплотненности основания на осадку нового возводимого фундамента (Ф-2) (рис.3).

2.1. Расчет по относительной неравномерности осадки

$$(S_e - S_a)/b = S_{сн.упл}^{ВЛ} / b \leq i_{пр}$$

где $S_e = S$, $S_a = S - S_{дп.упл}^{ВЛ}$

3. Окончательно принимают расстояние между проектируемыми фундаментами исходя из условия:

$$l > l_{пр}$$

где $l_{пр}$ - предельно допустимое расстояние между соседними фундаментами, при котором удовлетворяются требования СНиП по осадкам.

Таким образом, предлагаемая методика по сравнению с традиционными методами расчета осадок позволяет более точно и достоверно определять неравномерности деформаций оснований близстоящих фундаментов с учетом последовательности возведения, уплотненности грунтов, размеров подошвы и величины нагрузок, обосновывая тем самым оптимальное расстояние между проектируемыми соседними фундаментами [5].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 СТ РК 1277-2004 «Грунты. Лабораторные исследования»
- 2 СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений»
- 3 Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки). / «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция». – СПб, 2010.
- 4 Утепов Е. С. Определение осадки фундаментов зданий с учетом фактора уплотненности грунтов оснований. / Новая техника и технология строительства: Труды КарПТИ. - Караганда, 1995. С.62-67

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТАЛЬНОЙ ФЕРМЫ ПРОЛЕТОМ 21 М

ГОРШКОВА Л. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ИССИМБАЕВА А. С.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

В дипломном проектировании на тему «Конно-спортивный комплекс» для города Астана, необходимо запроектировать стальные фермы, для покрытия трибун, которые служат защитой посетителей от солнца и дождя.

Принятые фермы представляют собой пространственную решетчатую Г-образную конструкцию, выполненную из гнутых замкнутых сварных профилей прямоугольного сечения по ТУ 67-2287-80. Стальные стойки ферм крепятся к железобетонным

пилонам при помощи анкерных болтов, длина консольного вылета составляет 21 м.

Натурные испытания выполнялись с целью:

- изучения работы несущих ферм козырька под нагрузкой с учетом документально подтвержденных изменений метеорологических условий их функционирования (увеличение снеговой нагрузки);

- сопоставления опытных и теоретических данных о внутренних усилиях, перемещениях, деформациях и напряжениях в элементах несущей фермы;

- установления расхождений расчетных и экспериментальных данных и их предполагаемого влияния на надежность испытываемой конструкции.

Программой испытаний было предусмотрено 5 последовательных этапов нагружения с выдержкой на каждом этапе в течение 20 мин и достижение суммарной нагрузки эквивалентной нормативной. Суммарный вес грузов, добавляемых на одну подвеску на каждом этапе нагружения составлял 235 кг. Разгрузка фермы производится теми же этапами что и нагружение, с поэтапной обработкой и анализом результатов измерений. Нагружение фермы осуществлялось тарированными чугунными штучными грузами, укладываемыми на деревянные поддоны, которые с помощью подвесок крепились к узлам нижнего пояса фермы. Относительные деформации в элементах решетки фермы устанавливались по индикаторам перемещений часового типа с ценой деления 0.001 мм установленных с базой 200 мм. Перемещения в узлах крепления фермы к железобетонным пилонам измерялись при помощи прогибомеров Аистова с ценой деления 0.01 мм. Перемещения крайней точки консоли замерялись нивелиром и лазерным дальномером. Деформации в наиболее нагруженном узле конструкции (узел сопряжения опорного подкоса со стойкой фермы) измерялись индикаторами перемещений часового типа с ценой деления 0.001 мм.

При испытании фермы было пройдено три полных этапа нагружения. На первом этапе в стенке профиля растянутой стойки была зафиксирована поперечная трещина с шириной раскрытия 0.25 мм. Причиной возникновения трещины явилось нарушение технологии сварочных работ при изготовлении конструкций. На четвертом этапе, после нагружении двух первых от конца консоли подвесок, произошло смятие стенки профиля сжатой стойки в узле

сопряжения ее с опорным раскосом. Раскрытие трещины возникшей в стенке профиля растянутой стойки при указанной нагрузке достигло 2мм. Максимальные напряжения в растянутых стержнях узла сопряжения стойки с ригелем на последнем этапе нагружения находились в пределах 90-95 МПа (рис.1), прогиб конца консоли составил 200 мм.

Дальнейшее нагружение фермы было прекращено. После полной разгрузки остаточный прогиб конца консоли фермы составил 32 мм. Изменение деформаций в узле сопряжения опорного подкоса со стойкой и вертикальных перемещений конца консоли показано на рис. 2, 3.

Из графика на рис. 3 следует, что пластические деформации в узле сопряжения подкоса со стойкой начали развиваться после второй ступени нагружения, что составило примерно 30 % от полной нормативной нагрузки, при этом стержневые элементы фермы на всех этапах нагружения работали упруго.

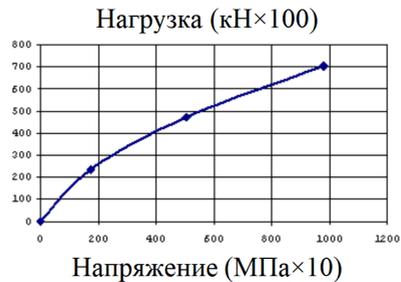


Рисунок 1 – Изменение напряжений в растянутом стержне узла сопряжения стойки фермы с ригелем



Рисунок 2 – Деформации узла сопряжения подкоса со стойкой

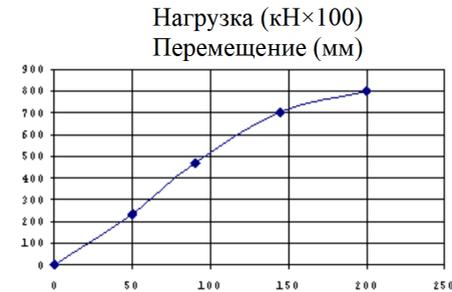


Рисунок 3 – Перемещения крайнего узла консоли под нагрузкой

Выполненные испытания показали, что несущая способность фермы недостаточна для восприятия проектных нагрузок с учетом изменения значения снеговой нагрузки. На основании результатов натурных испытаний было разработано и выполнено усиление узлов и элементов решетки фермы и проведено ее повторное испытание. В ферме были установлены дополнительные опорные подкосы, листовую сталью выполнено усиление элементов стойки и верхнего пояса, растянутых при действии эксплуатационных нагрузок, фасонками усилены наиболее нагруженные узлы сопряжения стержневых элементов. Было произведено освидетельствование всех ферм на предмет возникновения технологических трещин в сварных швах и в околошовной зоне металла элементов решетки.

В ходе повторных испытаний пройдено пять полных этапов нагружения, до достижения испытательной нагрузкой величины эквивалентной нормативной нагрузке. Разгрузка фермы производилась после выдержки в течение 120 мин. Прогиб конца консоли при нагрузке эквивалентной нормативной достиг 157 мм, что на 98 мм меньше, чем в предыдущих испытаниях. После полной разгрузки фермы остаточный прогиб составил 15 мм. Смятия стенок профиля в узлах фермы не зафиксировано. Максимальное значение относительных деформаций в стержнях фермы соответствовало напряжениям, равным 60 % расчетного сопротивления стали растяжению. Расхождения расчетных и экспериментальных данных по усилиям в стержнях фермы и прогибу конца консоли не превысили 5 %.

Выполненное усиление узлов и стержневых элементов ферм козырька трибуны Конного-спортивного комплекса в г. Астана

обеспечивает требуемую прочность и жесткость конструкций при действии проектных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрашитов, В. С. Техническая эксплуатация, обследование и усиление строительных конструкций: учеб. пособие/В. С. Абрашитов. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 218 с.
- 2 Авдейчиков Г. Б. Испытание строительных конструкций. М., 2009.
- 3 Лужин О. В. и др. Обследование и испытание сооружений.- М: Стройиздат, 1987. – 263 с.
- 4 Малышкин А. П., Есипов А. В. Экспериментально-теоретические исследования стальных ферм покрытия легкоатлетического манежа в г. Тюмени // Вестник ПНИПУ. 2015, №2. С. 105-115.
- 5 Обследование и испытание зданий и сооружений под ред. В. Л. Римшина. М., ВШ, 2006.
- 6 Родионов И. К. Об экспериментальном исследовании стальной фермы, усиливаемой под нагрузкой с применением сварки // Вектор науки ТГУ. 2015, №2-1. С. 47-51.
- 7 Туманов, А. В. Эксплуатационная надежность зданий и сооружений: учеб. пособие /А. В. Туманов, В.А. Туманов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 156 с.
- 8 Туманов В. А., Абрашитов В. С., Туманов А. В., Абрашитов Н. В. Натурные испытания подстропильной стальной фермы пролетом 12 м // Региональная архитектура и строительство. 2013, №3. С. 82-85.

УМНЫЕ ЗДАНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ШАГ В БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОРШКОВА Л. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ВАЛЬЦЕВ Д. А.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

Еще 2400 лет тому назад Сократ писал: «Сейчас в домах с видом на юг солнечные лучи проникают в галереи зимой, а летом путь солнца лежит над нашими головами и выше крыш так, что

имеется тень. Если тогда это наилучшее устройство, то мы должны будем строить южный фасад дома более высоким, чтобы в дом поступали лучи зимнего Солнца, и северный фасад более низким, чтобы защитить дом от зимних ветров» [1, с. 1].

В современном мире требования к зданиям и сооружениям существенно меняются под влиянием инновационных технологий и роста осведомленности о необходимости устойчивого развития. Необходимость снижения энергоресурсопотребления в жилищном фонде не вызывает сомнений. Однако высокая стоимость энергоэффективных мероприятий и как правило, длительный срок их окупаемости, выдвигает на первый план решение вопроса о выборе среди них таких мероприятий, которые бы обеспечивали наибольшую экономию энергии при сравнительно невысокой величине затрат [2, с. 1].

Одним из эффективных способов энергосбережения является использование системы «умный дом», осуществляющей автоматический контроль инженерных систем дома [3, с. 3]. Умное здание – это объект, оснащенный автоматизированными системами управления различными функциями, такими как освещение, отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, охрана и мониторинг. Эти системы работают на основе данных, собираемых с помощью датчиков и контроллеров, а также анализируемых с применением алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Основные характеристики умного здания:

1. Интегрированное управление системами: координация работы различных инженерных систем.
2. Энергоэффективность: минимизация потребления ресурсов без ущерба для комфорта.
3. Адаптивность: возможность автоматического реагирования на изменения внешних и внутренних условий.
4. Удобство и безопасность: обеспечение высокого уровня комфорта и защиты пользователей.

На фоне возрастающего интереса к повышению энергоэффективности можно отметить приоритетные направления повышения энергоэффективности зданий [4, с. 7]:

1. Системы интеллектуального управления освещением

Эти системы позволяют регулировать интенсивность света в зависимости от уровня естественного освещения и присутствия людей в помещении. Автоматическое выключение света в незанятых комнатах помогает существенно снизить энергопотребление.

Примеры технологий:

Датчики движения – автоматическое включение и выключение освещения.

Датчики освещенности – регулирование яркости в зависимости от естественного света.

Умные лампы – возможность дистанционного управления и настройки цветовой температуры.

2. Энергоэффективные системы

Снижение потребления исчерпаемых природных ресурсов, затрачиваемых на системы отопления, вентиляции и кондиционирования, является задачей первостепенной важности в виду ограниченности этих ресурсов [5, с. 18].

В проектах строительства объектов, потребляющих энергетические и водные ресурсы, предусматривается обязательное использование энергосберегающих материалов, установка приборов учета энергетических и водных ресурсов, автоматизированных систем регулирования теплопотребления [6, с. 11]. Умные технологии позволяют оптимизировать их работу, снижая энергопотребление и улучшая качество воздуха.

Инновационные решения:

Интеллектуальные термостаты – автоматическое регулирование температуры на основе данных о погоде и предпочтений пользователей.

Датчики качества воздуха – мониторинг уровня CO₂ и влажности для оптимизации вентиляции.

Геотермальные системы – использование энергии земли для отопления и охлаждения.

3. Умные окна и фасады

Современные оконные системы способны изменять свою прозрачность или отражающие свойства в зависимости от температуры и уровня освещенности, что позволяет минимизировать потребность в кондиционировании и обогреве.

Примеры технологий:

Электрохромные окна – это окна, изменение прозрачности которых происходит под действием электрического тока.

Термохромные покрытия – это покрытия, у которых происходит адаптация к температурным изменениям.

Энергосберегающие стёкла – это стёкла, которые с помощью нанесения тонкого металлического напыления превращаются в инфракрасные зеркала, т. е. зеркала, отражающие только

инфракрасные (тепловые) лучи, не оказывая большего, чем обычное стекло, сопротивления видимому свету [7, с. 174].

4. Возобновляемые источники энергии

Умные здания всё чаще интегрируют системы генерации энергии из возобновляемых источников, таких как солнечные панели и коллекторы, а также ветряные турбины. Солнечный коллектор – универсальное устройство, которое используется для сбора солнечной энергии и последующего преобразования её в тепловую, пригодную для людских нужд [8, с. 86].

Преимущества возобновляемых источников:

Снижение зависимости от внешних поставщиков энергии.

Уменьшение выбросов углекислого газа.

Возможность хранения и перераспределения энергии.

5. Системы управления энергией (EMS)

Эти системы позволяют мониторить и управлять потреблением энергии в здании, оптимизировать использование ресурсов и прогнозировать энергопотребление на основе анализа данных.

Функции EMS:

Мониторинг энергопотребления в реальном времени.

Автоматическое переключение между источниками энергии.

Выявление и устранение неэффективных процессов.

Примеры успешных проектов:

1. The Edge (Амстердам, Нидерланды)

Этот офисный центр является одним из самых энергоэффективных зданий в мире. Он оснащён системой интеллектуального управления освещением и климат-контролем, а также солнечными панелями на фасаде и крыше.

2. Bosco Verticale (Милан, Италия)

Комплекс жилых зданий с вертикальными садами, которые обеспечивают естественную теплоизоляцию и способствуют улучшению качества воздуха. Автоматизированные системы управления микроклиматом дополняют энергоэффективный дизайн.

3. Умные дома Panasonic в Японии

Panasonic разрабатывает концепцию умных домов с интеграцией систем управления освещением, климатом и безопасностью, а также использованием солнечных панелей и систем хранения энергии.

Несмотря на многочисленные преимущества умных зданий и энергоэффективных технологий, существует ряд вызовов:

Высокие затраты на внедрение: первичные инвестиции в умные системы и оборудование могут быть значительными.

Кибербезопасность: необходимость защиты данных и систем от несанкционированного доступа.

Совместимость технологий: интеграция различных систем и оборудования требует унификации стандартов.

В то же время перспективы развития умных зданий открывают новые возможности для устойчивого строительства и эксплуатации объектов. Прогнозируется рост внедрения технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей (IoT), что приведёт к ещё большей автоматизации и оптимизации процессов.

Умные здания и энергоэффективные технологии представляют собой будущее строительной индустрии. Они не только способствуют снижению эксплуатационных затрат и потребления ресурсов, но и улучшают качество жизни людей. С дальнейшим развитием технологий и ростом осознания важности устойчивого развития можно ожидать расширения использования подобных решений на глобальном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1 Холлоуэй Д. Пассивный дом: простой метод проектирования. Методика проектирования пассивных солнечных домов на основе принципов прямого и косвенного обогрева // Пер с англ.: Миньшинин О. П. – США, 2006. – 26 с.

2 Шеина С. Г., Миненко Е. Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве // Инженерный вестник Дона, – № 4 (часть 1). – 2012. URL: ivdon.ru/ru/magazine/ archive/n4ply2012/1099.

3 Лапина О. А., Лапина А. П. Энергоэффективные технологии // Инженерный вестник Дона, – №1 (часть 2). – 2015,. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2849.

4 Захаров, А. В., Сычкина Е. Н., Пономарев А. Б. Энергоэффективные конструкции в строительстве [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, – 2017. – 103 с.

5 Лысёв В. И., Шилин А. С. Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Холодильная техника и кондиционирование. – № 2. – 2017. С. 18-25.

6 Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV. «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». – Астана. – 2012 // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://online.zakon.kz>

7 Суликова В. А., Силантьева М. А., Хусаинова Г. М. Применение энергосберегающего стекла в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – № 1 (7). – 2014. С. 174-176.

8 Куликов К. К. Перспективы применения солнечных коллекторов // Инновационная наука. – № 12-2. – 2015. С. 86-88.

9 Арутюнян, А.А. Основы энергосбережения. – М.: Энергосервис, 2007. – 600 с.

10 Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: КноРус, 2012. – 240 с.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ САЛАСЫНДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ДАМУ ФАКТОРЛАРЫ

ДАРГЕНОВА А. Т.

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау қ.
УТЕГЕНОВА Ж. С.

э.ғ.к., профессор, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау қ.

Еліміз әр онжылдыққа болашаққа бағдар ретінде белгілі бір максаттар қояды. Сонын бірі «Қазақстан-2050» Стратегиясы: қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты». Бұл бағдарлама елдің «жасыл» даму жолына көшуіне негізделген экономиканың тұрақты және тиімді моделін құруға нақты бағдарлар қояды. Есептеулер бойынша, 2050 жылға қарай «Жасыл экономика» шеңберіндегі қайта құрулар ЖІӨ-ні қосымша 3% - ға ұлғайтуға, 500 мыңнан астам жаңа жұмыс орындарын құруға, өнеркәсіптің жаңа салалары мен қызмет көрсету салаларын қалыптастыруға, халық үшін өмір сүру сапасының жоғары стандарттарын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. [1]. Дамыған елдерде ЖІӨ өсімінің 50% - дан 90% - на дейін инновациялар мен технологиялық прогресс арқылы қол жеткізіледі [2]. Осыған байланысты ғылыми-технологиялық даму бағыттарын айқындау, ең үлкен әлеуметтік-экономикалық әсерді ғана емес, сонымен қатар экономиканың «жасыл» өсуін қамтамасыз ететін инновациялық технологияларды пайдалана отырып салаларды анықтау мәселелері ерекше өзекті болып отыр.

Мемлекеттің экономикалық тұрақтылығы көбінесе елдегі ауыл шаруашылығы саласының даму дәрежесіне байланысты, сол себепті ауыл шаруашылығын цифрландыруды көптеген мәселелердің

шешімі ретінде қарастыруға болады. Әлемдегі ауыл шаруашылығы дәстүрліден инновациялық шешімдер мен әзірлемелер үшін жаңа нарықтар құруға қабілетті жоғары технологиялық салаға айналуға.

Қолданыстағы контексттерді ескере отырып, ауыл шаруашылығындағы цифрлық түрлендірулердің форматын анықтайтын бірқатар шарттар бар:

1. технологияны қолдануға мүмкіндік беретін шарттардың минималды жиынтығы негізгі шарттарды қамтиды: қол жетімділік, қаржылық қол жетімділік, компьютерлік сауаттылық, акт білімі және цифрлық стратегияларды қолдауға арналған саяси шаралар мен бағдарламалар (электрондық үкімет) ;

2. ілеспе (ықпал етуші) жағдайлар, яғни технологияларды енгізуді мүмкін ететін факторлар: Интернетті, ұялы телефондарды және әлеуметтік желілерді пайдалану, цифрлық технологиялармен жұмыс істеу дағдылары, агроазық – түлік секторында кәсіпкерлік және инновация мәдениетін қолдау (таланттарды дамыту, жеделдетілген оқыту бағдарламалары-хақатондар, бизнесинкубаторлар, жеделдету бағдарламалары және т.б.). [3]

Accenture инновацияларын енгізу саласындағы жетекші консультациялық компанияның зерттеу нәтижелеріне сәйкес, ауыл шаруашылығында цифрлық технологияларды жаһандық енгізу және дамыту мәселесін шешу ауыл шаруашылығы жабдықтарының цифрлық блоктарынан деректерді алуды және әртүрлі форматтар мен хаттамалардың үйлесімділігін қамтамасыз ететін интеграцияланған бұлттық сервистерді құру болып табылады. Мұндай бірыңғай сервис өңірдің барлық ауыл шаруашылығы ұйымдарына пайдалы деректерді барынша тиімді пайдалануды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл жерді қашықтықтан зондтау, гиперспектральды аэрофототүсірілім, ауа-райын болжау деректері және т.б. [4]. Қазақстанда ауыл шаруашылығын цифрландыру шеңберінде бірінші кезекте енгізілетін негізгі технологиялар ауыл шаруашылығы техникасының GPS-навигациясы, параллельді жүргізу, салмақ жұмысын автоматтандыру, далалардың электрондық карталары және, әрине, ұшқышсыз ұшу аппараттары ең керемет және ерекше технологиялар болып табылады[5]. Әрине бұл технологияларды қолдану еліміздің ауыл шаруашылығында көптеген ірі әрі жетекші өзгерістерге әкелетініне сенімдіміз. Бірақ жоғарыда айтып кеткеніміздей бұл шаралардың іске асуы үшін көп еңбек пен қаражат кетуі анық.

1 кесте – Цифрландыруды енгізудің проблемалары мен ықтимал әсерін талдау

Агроөнеркәсіптік кешеннің мәселелері	Цифрландырудың өсері
Климаттық қауіптер	Климаттың өзгеруіне және топырақ құрылымының өзгеруіне реакцияны бақылаудың цифрлық датчиктерін пайдалану. Малдың қозғалысы мен күйін бақылау және мониторинг, сонымен қатар озық технологиялар мен жүйелердің басқа мүмкіндіктерін пайдалану арқылы климаттық тәуекелдерді азайту.
Ауылшаруашылық процестерінде ескірген механизмдер мен жүйелерді қолдану	Цифрлық интерфейсі бар цифрлық жүйелер мен техниканы пайдалану технологиялық процестің бүкіл циклін толық бақылауға және техниканың ақауларын уақытында анықтауға және қажетті бөліктерді ауыстыруға, қысқа мерзімде деректердің үлкен көлемін өңдеуге мүмкіндік береді.
Өндірісті әлсіз өртаптаңдыру	Цифрлық технологияларды тиімді пайдалану арқылы барлық қатысушылар үшін тең мүмкіндіктер негізінде экономикалық қызмет түрлерін кеңейту және олардың ауылдық аумақтарды әлеуметтік-экономикалық дамытуға қосқан үлесін ұлғайту.
Жер, су және басқа ресурстарды ұтымсыз пайдалану	Сандық карталарды, навигаторларды және аналитикалық бағдарламалар ресурстарды пайдалануды ұтымды етуге мүмкіндік береді.
Ауыл шаруашылығы саласында білікті кадрлардың жетіспеушілігі	Деректерді цифрлық түрде сақтау және оның негізінде оқыту білім алу уақытын қысқартуға және сапаны арттыруға мүмкіндік беретін интеграцияланған жүйелер арқылы.

Ішкі нарықты қайта өңделген тауарлармен қамтамасыз ету тапшылығы	Цифрлық онлайн-портал ауыл тауар өндірушілерін қажетті ақпаратпен қамтамасыз етуді жеңілдетеді, транзакциялық шығындарды азайтады, тұтынушыға өнім жеткізу тізбегін жандандырады
Төмен еңбек өнімділігі	Тұтастай алғанда барлық өндіріс процестеріне цифрлық технологияларды енгізу еңбек өнімділігінің артуына әкеледі, мүмкіндігінше механикалық процестерді жеңілдетеді және ауыстырады және есептіліктің ашықтығын қамтамасыз етеді.
Ескерту: ҚР мемлекеттік бағдарламалары мен заңдарын талдау негізінде жасалды[6].	

Жоғарыдағы кестеден көріп отырғанымыздай, цифрландыру-цифрлық технологияларды дәстүрлі процестер мен операцияларға енгізу процесі [7]. Ауыл шаруашылығы бұл еліміздегі дәстүрлі әрі экономикамыздағы ірі сектор. Қазіргі уақытта цифрлық трансформация процесі ауқымды сипатқа ие және экономикалық қызметтің көптеген салаларына, соның ішінде елдің ауыл шаруашылығы саласына әсер етеді. Сонымен қатар біз ауыл шаруашылығы ең алдымен азық-түлік саласына да әсер етуін ұмытпауымыз керек. Халық саны өсіп, оның тығыздығы артқан сайын қоғамның азық-түлік тауарларына деген қажеттілігі жыл сайын артып келеді, бірақ пайдаланылатын ресурстар таусылып, шектеулі болып қалады. Бұл проблема ауыл шаруашылығы саласын жаңғырту процесіне жаңа тәсілді әзірлеу, цифрлық технологиялық шешімдерді пайдалануды ескере отырып, жұмыстың тиімді тетігін құру қажеттілігін айқындайды.

Қазақстанда ауыл шаруашылығын цифрландыру шеңберінде келесідей өзгерістерге алып келуі болжанады:

- Өндірістік ресурстарға (су, электр энергиясы, отын және т. б.) шығындарды қысқарту
- Өндіріс шығындарын азайту
- Өндірістік персоналды қысқарту
- Шығындарды азайту

Сонымен қатар ауылшаруашылық кәсіпорнының даму жүргізуші күштері бола алатын ішкі және сыртқы факторларға талдау жасау керек. Болашақта цифрлық трансформация жаңғырту іс-шаралары процесінде айқындалатын факторлармен тікелей байланысты. Болашақта инвестициялық және ынталандыру шараларын қажет ететін ауылшаруашылық кәсіпорнының процестерін анықтауға мүмкіндік береді.

Үкіметтің инновациялар үшін қолайлы орта құруға, ауылшаруашылық секторында инновацияларды қабылдауға және таратуға ықпал етудегі рөлі және жақсы жұмыс істейтін ауылшаруашылық инновациялық жүйесін қолдау жалпыға бірдей танылады. Атап айтқанда, жергілікті атқарушы органдар мен ауыл шаруашылығы саясатын жасаушылар цифрландыруды қамтамасыз ету үшін инфрақұрылым мен байланысқа, құнға, өзектілікке, пайдаланушыға ыңғайлылық пен дағдыларға, тәуекелдерге және сенімділікті арттыруға қатысты мәселелерге назар аударуы керек[7]. Осы мезетте Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021 – 2025 жылдарға арналған ұлттық жобасы туралы айтып кеткен жөн деп ойлаймыз. Бұл бағдарламаның мақсаты еңбек өнімділігін екі жарым есеге арттыру, агроөнеркәсіптік кешен өнімінің экспортын екі есеге ұлғайту және отандық өндірістің әлеуметтік маңызы бар азық-түлік тауарларымен қамтамасыз ету жолымен бәсекеге қабілетті агроөнеркәсіптік кешен құру. Біздің еліміздің аграрлық өндірісі жер, еңбек және биологиялық ресурстардың орасан зор әлеуетіне ие, оларды пайдалану тиімділігін арттыру үшін аграрлық өндіріс технологияларын жетілдіруге және жоғары деңгейдегі ақпараттық жүйелерге негізделген басқару жүйесін дамытуға бар күшімізді салуымыз қажет [8].

Жалпы, Қазақстандағы ауыл шаруашылығын цифрландыру мәртебесін белсенді енгізу және дамыту кезеңі ретінде сипаттауға болады. Ауыл шаруашылығын цифрландыру процесі әлі аяқталмағанына және оның жолында әртүрлі кедергілер болғанымен, соның ішінде ауылдық жерлерде интернетке қолжетімділіктің шектелуі, цифрлық технологиялармен жұмыс істеуге қабілетті мамандардың болмауы және Елеулі капитал салымдарының қажеттілігі, бұл бағытта айтарлықтай ілгерілеушілік байқалады. Сондай-ақ, Қазақстанның ауыл шаруашылығына цифрлық технологияларды енгізу өндірістің тиімділігін арттыру мақсатында ғана емес, сонымен қатар ауылдық аумақтарды орнықты дамыту мақсатында жүргізіліп жатқанын атап өткен жөн. Цифрлық

технологиялардың арқасында ауылдық жерлер өмір сүруге және жұмыс істеуге тартымды бола бастайды, бұл халықтың қалаларға кетуін тоқтатуға көмектеседі және ауылдық жерлердің әлеуметтік-экономикалық дамуына ықпал етеді.

Цифрлық технологиялар негізінде деректердің үлкен массивін пайдалануға көшу жағдайында ауыл шаруашылығын техникалық жарактандырудың қондырғыларын, қағидаттары мен тетіктерін қайта қарау талап етіледі, өйткені қалыптасқан тәжірибе салада техникалық серпіліс жасауға мүмкіндік бермейді. Осыған байланысты аграрлық саланы цифрлық экономика контекстінде техникалық жарактандыру ерекшеліктерін зерттеу өте маңызды, өйткені ол аграрлық өндірісті Инновациялық негізде дамытуға ғана емес, сонымен қатар ұзақ мерзімді перспективада азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осыған байланысты Цифрлық экономика жағдайында ауыл шаруашылығын техникалық жарактандырудың теориялық негіздерін әзірлеуді көздейтін қосымша зерттеулер талап етіледі [10]. Цифрландыру іс-шараларын өндіріске қосудың алдында жасалатын жұмыстар бұл үкіметтің, өндіріс басшыларының және де ең бастысы жұмысшылардың сапалы дайындығы. Дамыған елдердегі ауыл шаруашылығының тиімділігі көбінесе цифрландырудың арқасында әлдеқайда жоғары.

Ауыл шаруашылығы саласындағы сарапшылар цифрлық технологиялар ауыл шаруашылығы өндірісін түрлендіру үшін әлі толық әлеуетін ашпағанына сенімді. Қолданыстағы және жаңа цифрлық технологиялар жақсарту үшін жақсы деректерді құруда маңызды рөл атқарады фермердің нақты уақыт режимінде шешім қабылдауы және стратегиялық жоспарлау. Цифрлық технологияның маңызды және айқын артықшылығы-әртүрлі агрономиялық тәжірибелер үшін дақылдар, дақылдар, өнімділік туралы кез келген деректерді көру, сақтау және талдау мүмкіндігі. Сонымен қатар, мұндай мәліметтер базасы дақылдардың тұқымдары мен стратегияларын бағалауға және таңдауға көмектеседі өсімдіктерді қорғау әр түрлі ауа-райында. Гибридті және сорттық сипаттамалар, ауа-райы туралы мәліметтер, ауа-райының кең ауқымындағы өсімдіктерді қорғау схемаларының тиімділігі туралы білімнің үйлесімі фермерлерге дұрыс шешім қабылдауға мүмкіндік береді [10]. Цифрландырудың беретін кең ауқымды шешімдері көп болғанымен, оған қарама-қарсы кедергі көрсететін факторлардың

аз еместігін естен шығармаған жөн. Сол себептен цифрландыру жолына біртіндеп көшу қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 КОНЦЕПЦИЯ по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» 2013 год
- 2 Шевченко Е., Стукач В., Третьяк В. Форсайт: методология, практика исследований // Монография. – 2016. – № 1. – С. 5–8
- 3 Ауыл шаруашылығы және ауылдық қызметтегі цифрлық технологиялар авторлары: Никола М. Трендов, Сэмюэль Варгас және Менцзен
- 4 Тренды цифровых технологий в АПК // Материал подготовлен Международным независимым институтом аграрной политики на основании собственного анализа [Электронный ресурс] URL: <http://xn--80aplem.xn--plai/analytics/Trendycifrovyyh-tehnologij-v-APK/>.
- 5 К. Умербаева «Цифровой Казахстан» 2023 год
- 6 Г.К. Сапарова, Д.А. Сапарова, С.А. Сагинова «Цифровизация АПК Казахстана в условиях перехода к «зеленой экономике» Научный журнал «Вестник университета «Туран» № 3(95) 2022 г
- 7 Телегина, Ж. А. Особенности развития «зеленой логистики» в условиях цифровизации сельского хозяйства / Ж. А. Телегина, К. Л. Тюгай // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 9. – С. 42-48. – DOI 10.32651/229-42. – EDN CHMYOP.
- 8 Акмаров П.Б., Горбушина Н.В., Князева О.П. Особенности цифровой трансформации в аграрном секторе экономики // Аграрное образование и наука, 2019. - № 2. – 2 с
- 9 Назарбеков Алихан «Обзор государственных инициатив по цифровизации сельского хозяйства в казахстане» 2023 год
- 10 Субаева А. К., Мухаметгалиев Ф. Н., Ибниев И. Л. «Ауыл шаруашылығын цифрлық технологиялармен техникалық қамтамасыз ету ерекшеліктері» 2021 год
- 11 М.Л. Вартанова «Отечественная и зарубежная практика цифровой трансформации сельского хозяйства в обеспечении продовольственной безопасности страны» 2021 год

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІ

ҚАЛХАМАН Қ. Н.

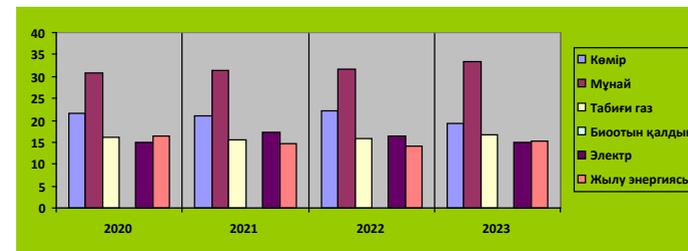
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

НУРКЕНОВА М. Ж.

PhD, доцент, Л. Н. Гумилев атындағы
Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

Андатпа: Мақалада Қазақстандағы ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттырудың инновациялық тәсілдері мен технологияларына назар аударылады. Қазақстанның ауыл шаруашылығы саласы еліміздің экономикалық дамуы үшін маңызды орын алады. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру барысында көп мөлшерде энергия жұмсалатыны белгілі. Сондықтан, энергия тиімділігін арттыру және энергия ресурстарын үнемдеу мәселелері маңызды болып отыр.

Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенінде энергияның басты көзі әлі де көп жағдайда дәстүрлі энергия түрлері болып табылады. Бірақ, жаңартылатын энергия көздерін пайдалану бұл аграрлық сектордағы энергия тиімділігін арттырудың маңызды бағыты. Күн панельдерін фермерлік шаруашылықтарда қолдану электр энергиясын үнемдеуге көмектеседі. Күн энергиясы әсіресе қуаң аймақтарда, соның ішінде Оңтүстік Қазақстанда тиімді пайдалануға болады. Қазақстанның бірнеше аймақтарында жел қуатын тиімді пайдалану үшін жел турбиналарын орнату агроөнеркәсіптік кешенді энергиямен камтамасыз етуге ықпал етеді. Елімізде күн энергиясы потенциалы жоғары. 2022 жылғы мәліметтер бойынша, елімізде 1 300 сағаттық күн сәулесін алу мүмкіндігі бар, бұл энергия өндірісіне қолайлы жағдай жасайды. Қазақстанда жалпы орнатылған күн энергиясы қуаты 1 300 МВт құрайды (ҚЭЖ мәліметтері, 2022 жыл). Қазақстанның солтүстік және батыс аймақтарында жел энергиясының потенциалы жоғары. 2022 жылы Қазақстанда жел энергетикасы саласындағы жалпы орнатылған қуат 1 050 МВт жетті, бұл еліміздің жаңартылатын энергия көздеріндегі жалпы қуаттың 15%-ын құрайды (Энергетика министрлігі, 2023 жыл). [1]



1 – сурет

1 суретте 2023 жылы энергияны түпкілікті тұтынуда ең үлкен үлесті мұнай және мұнай өнімдері- 33,5% және көмір 19,4% құрайды. Жалпы энергияны түпкілікті тұтынадан электр энергиясын тұтыну үлесі 15%, табиғи газ 16,7% және жылу энергиясы- 15,3% құрады, көрсеткіштері 1000 тмэ берілген

Қазіргі уақытта республикада белгіленген қуаты 2 903,7 МВт болатын 148 ЖЭК нысаны (100 кВт-тан жоғары) жұмыс істейді:

1– кестеде

Қуаттылығы	1 409,55 МВт	Жел электр станциялары	59 нысан
Қуаттылығы	1 222,61 МВт	Күн электр станциялары	46 нысан
Қуаттылығы	269,785 МВт	Су электр станциялары	40 нысан
Қуаттылығы	1,77 МВт	Биогаз электр станциялары	3 объектісі

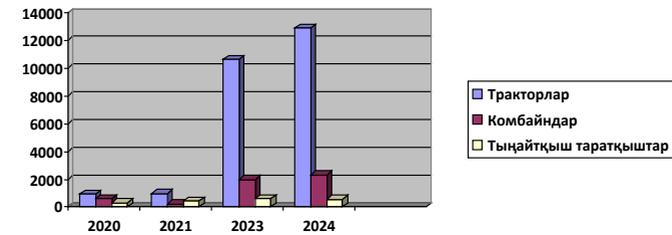
1- кестеде 2024 жылдың 1 жартыжылдығының қорытындысы бойынша жаңартылатын энергетика объектілері өндірген электр энергиясының көлемі 3,896 млрд. кВт/сағ (ЖЭС – 2325 млн. кВт/сағ; КЭС-974,9 млн. кВт/сағ; СЭС – 595,36 млн.кВт/сағ; БиоЭС – 0,43 млн. кВт/сағ құрады) немесе электр энергиясын өндірудің жалпы көлемінің 6,47% көрсетті.[2]

Фермерлердің электр энергиясын өз бетімен өндіруіне және шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Ауыл шаруашылығы қалдықтарын биомассаны энергия өндіруге пайдалану - бұл энергия тиімділігін арттырудың тағы бір инновациялық тәсілі. Өсімдік қалдықтары мен органикалық қалдықтардан электр энергиясын

өндіру аграрлық сектордың экологиялық тұрғыдан тиімді жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Қазақстандағы ауыл шаруашылығы саласында жалпы энергия тұтыну жыл сайын артып келеді. 2020 жылы ауыл шаруашылығында жалпы энергия тұтыну көлемі шамамен 8,5 млн тонна мұнай эквивалентін құрады (Қазақстан Республикасы Статистика комитеті, 2020 жыл). Энергия тиімділігі: Қазақстанда ауыл шаруашылығында энергия тұтыну көрсеткіштері жоғары, бірақ соңғы жылдары энергия тиімділігі артуда. Мысалы, соңғы 5 жылда энергия тиімділігі 15%-ға артқан (Қазақстанның энергетика министрлігінің мәліметтері).

Суармалы жерлерде энергия тиімділігі жоғары суару жүйелерін қолдану ауыл шаруашылығында энергия үнемдеуге септігін тигізеді. Таңдамалы суару технологиялары, яғни интеллектуалды суару жүйелері суды тиімді пайдалануды қамтамасыз етіп, электр энергиясын үнемдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, тамшылатып суару жүйелері мен микроағынды суару әдістері судың ғана емес, энергияның да үнемделуіне әкеледі. Суару жүйелерінде IoT (Интернет заттары) технологияларын қолдану суару уақыттарын, көлемін және қажеттілігін автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді. Бұл суармалы егістіктерде энергияның тиімді қолданылуын қамтамасыз етеді. Суару жүйелерін жаңарту мен энергия тиімді техникаларды қолдану ауыл шаруашылығында энергияны үнемдеу үшін маңызды қадам болып табылады. Қазақстанда 2,3 миллион гектар жер суарылуда, бірақ суару жүйелерінің көпшілігі ескірген және энергияны көп тұтынады. Мемлекеттік бағдарламалар аясында 2020 жылдан бастап суаруды жақсарту үшін заманауи энергия тиімді жүйелер енгізілуде. Мысалы, 2020-2021 жылдары 70 мың гектар жерге жаңа суару технологиялары енгізілді.

Ауыл шаруашылығында қолданылатын техниканың энергия тиімділігіне де ерекше назар аудару қажет. Жаңа технологиялар мен құралдар аграрлық өндірісте энергияны үнемдеудің маңызды жолы болып табылады. Жаңа заманауи тракторлар мен комбайндар отын мен энергияны аз жұмсайды. Электрлік және гибридті техникалардың қолданылуы, әсіресе алыс қашықтықтар мен ұзақ уақыт бойы жұмыс істейтін ауыл шаруашылығы өндірісінде тиімді.



2 – сурет

2 суретте Ауыл шаруашылығында автоматтандырылған және роботтандырылған жүйелерді енгізу еңбек шығындарын төмендетіп, энергияны тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. 2021-2024 жылдары Қазақстанда 14000-нан астам жаңартылған тракторлар мен комбайндар және тыңайтқыштар пайдалануға берілді, олар энергияны 15%-ға дейін үнемдеуге мүмкіндік береді (Ауыл шаруашылығы министрлігі, 2024 жыл).[3]

Ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттырудың тағы бір маңызды бағыты - бұл өндірістік ғимараттар мен жылыту жүйелерін жаңғырту. Жылыжайларда энергия тиімділігі жоғары жүйелерді қолдану арқылы жылыту мен жарықтандыру шығындарын азайтуға болады. Сол сияқты, жылу мен жарықты табиғи жолмен тиімді пайдалану үшін күн батареялары мен жел генераторларын орнатуға болады. Геотермалды энергия мен биомассаны жылыту мақсатында пайдалану экологиялық таза және тиімді шешімдер болып табылады.

Цифрлық технологиялар ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттырудың келешегі зор бағыты болып табылады. Цифрлық платформалар мен бағдарламалар арқылы фермерлер өздерінің энергетикалық шығындарын бақылап, оңтайландыруға болады. Бұл үшін агроөнеркәсіптік кешенде арнайы бағдарламалық қамтамасыздандыру мен «ақылды» сенсорлар қолданылады. Үлкен деректер мен аналитиканы қолдану арқылы шаруашылықтар энергия шығындарын оңтайландыру үшін қажетті ақпаратты жинап, болжамдар жасай алады. Қазақстанда 2021 жылы смарт-фермалардың саны 300-ге жетті, бұл ауыл шаруашылығында цифрлық технологиялардың қолданылуын арттыруға ықпал етті. Смарт-фермалар фермерлерге өздерінің энергия тұтынуын бақылап, энергия тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Еліміздің

аграрлық секторында 2021 жылы 20-дан астам ірі агроөнеркәсіптік кәсіпорындар IoT технологияларын енгізу арқылы энергияны үнемдеуге қол жеткізді. Бұл технологиялар өнімділік пен энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қазақстандағы ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттыру үшін білім беру және ақпараттық жүйелердің дамуы да өте маңызды. Фермерлерді энергия тиімді технологиялармен таныстыру, жаңа техникалар мен әдістерді үйрету. Ауыл шаруашылығы өнімдерін өндірушілерге арналған арнайы мобильді қосымшалар арқылы энергия үнемдеудің тиімді әдістерін үйрету. Қазақстанда биомассаны энергия көзі ретінде қолдану соңғы 5 жылда айтарлықтай өсті. 2021 жылы Қазақстанда 250 мың тонна ауыл шаруашылығы қалдықтары өңделіп, олардан жылу және электр энергиясы өндірілді. Сондай-ақ биогаз өндіру көлемі 2020 жылы 50 мың МВт/сағатқа жетті. Бұл бағытта көптеген жобалар іске асырылып, энергия тиімділігін арттыру мақсатында ауыл шаруашылығы қалдықтары мен мал қалдықтарынан биогаз алу технологиялары енгізілуде.[4]

Қазақстанда ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттыру үшін инновациялық тәсілдер мен технологияларды енгізу аграрлық сектордың дамуына, қоршаған ортаға зиянды әсерді төмендетуге және экономикалық тұрғыдан тиімді болуға көмектеседі. Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану, суару және жылыту жүйелерін жаңғырту, ауыл шаруашылығы техникасын модернизациялау және цифрлық шешімдерді қолдану арқылы Қазақстанның ауыл шаруашылығы саласы әлемдік деңгейде бәсекеге қабілетті бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 ҚЭҚ мәліметтері, 2022 жыл.
- 2 Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі, 2024 жыл.
- 3 Қазақстан Республикасының отын-энергетикалық балансы (2023 жыл)
- 4 Ауыл шауарулығында электр энергиясын пайдалану (2018)

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

САКАНОВ К. Т.

к.т.н, доцент, Торайғыров университет, г. Павлодар

НИКИТИН В. А.

студент, Торайғыров университет, г. Павлодар

Введение

Арматура является ключевым элементом железобетонных конструкций, обеспечивающим их прочность и долговечность. На протяжении десятилетий в строительстве широко использовалась стальная арматура благодаря её высокой прочности и доступности. Однако сталь имеет значительные недостатки, такие как подверженность коррозии, а также увеличенные затраты на защиту от воздействия агрессивных сред. В связи с этим, в последние годы наблюдается рост интереса к использованию арматуры нового поколения, представленной композитными и полимерными материалами. Эти инновационные материалы предлагают улучшенные эксплуатационные характеристики, такие как стойкость к коррозии и повышенная долговечность, что делает их перспективными для широкого применения в строительстве [1].

Материалы и методы

Коррозия является одной из самых значительных проблем, связанных с использованием стальной арматуры. Она возникает в результате воздействия агрессивных факторов окружающей среды, таких как влажность, химические реагенты и соли. Коррозия приводит к ухудшению прочностных характеристик арматуры, что, в свою очередь, может вызвать разрушение железобетонных конструкций. Потери прочности из-за коррозии могут достигать 50% и более, в зависимости от условий эксплуатации.

Одним из методов борьбы с коррозией является применение защитных покрытий, таких как оцинковка или полимерные слои. Однако эти методы не всегда обеспечивают достаточную защиту, особенно в условиях агрессивной окружающей среды. Кроме того, защита требует дополнительных затрат на материалы и трудозатраты на нанесение покрытий, что увеличивает общую стоимость строительных работ [2].

Стальная арматура отличается значительным весом, что создает дополнительные трудности в процессе транспортировки и монтажа. Увеличенный вес приводит к необходимости

использования специального оборудования, что увеличивает затраты на строительство. Кроме того, тяжелые элементы требуют более тщательной разработки проектной документации и расчетов на прочность, что может привести к дополнительным затратам и затягиванию сроков строительства.

С увеличением цен на металлы и необходимость в защитных покрытиях использование стальной арматуры становится всё более затратным. Анализ цен показывает, что на протяжении последних десяти лет стоимость стальной арматуры значительно возросла, что негативно сказывается на экономической эффективности строительных проектов. В результате, многие строительные компании начинают искать альтернативные материалы, которые могли бы снизить общие затраты на строительство и эксплуатацию объектов отрасли.



Рисунок 1 – Анализ цен на стальную арматуру за последние 10 лет с учетом инфляции в Республике Казахстан

Существующая нормативная база по проектированию железобетонных конструкций основывается на использовании только стальной арматуры, что создает определенные трудности для проектировщиков, которые рассматривают возможность использования новых материалов. Поэтому отсутствие чётких рекомендаций и стандартов по применению композитных и полимерных арматур ограничивает их внедрение в строительную практику. Для решения этой проблемы необходимы исследования, направленные на разработку новых стандартов и рекомендаций для

проектирования конструкций с использованием альтернативной арматуры.

Результаты и обсуждение

С развитием строительных технологий и необходимостью повышения долговечности железобетонных конструкций, возникла потребность в инновационных материалах для армирования. Арматура нового поколения, представленная композитными и полимерными материалами, открывает новые горизонты в области строительства. Эти материалы не только предлагают решения существующих проблем, связанных с традиционной стальной арматурой, но и обеспечивают значительные преимущества в области проектирования, монтажа и эксплуатации конструкций [3].

Существует несколько основных типов арматуры нового поколения, которые находят применение в железобетонных конструкциях:

- Композитная арматура — это армирование, изготовленное на основе стеклопластиковых или углепластиковых волокон, которые обладают высокой прочностью при низком весе. Эти материалы не подвержены коррозии и значительно легче стали, что упрощает транспортировку и монтаж.

- Полимерная арматура — включает в себя различные виды полимерных материалов, таких как полиэстер и винилэстр. Эти материалы обладают хорошей прочностью на растяжение и стойкостью к химическим воздействиям.

- Арматура из углеродных волокон — отличается высокой прочностью и малым весом, а также устойчивостью к коррозии и агрессивным химическим веществам. Она находит применение в высоконагруженных конструкциях и в условиях неблагоприятной окружающей среды.

Арматура нового поколения предлагает множество преимуществ по сравнению с традиционной стальной арматурой:

- коррозионная стойкость: композитные и полимерные материалы не подвержены коррозии, что увеличивает срок службы конструкций и снижает затраты на обслуживание;

- снижение веса: легкость этих материалов упрощает процесс транспортировки и монтажа, что приводит к сокращению затрат на строительные работы и уменьшению нагрузки на основание конструкции;

- устойчивость к химическим воздействиям: полимерная и композитная арматура обеспечивает защиту конструкций в

условиях воздействия агрессивных химических веществ, что делает их идеальными для использования в промышленных и инфраструктурных проектах;

- экономическая эффективность: несмотря на более высокие первоначальные затраты, долговечность и низкие эксплуатационные расходы могут обеспечить экономическую выгоду в долгосрочной перспективе.

Современные строительные проекты активно используют арматуру нового поколения, такую как стеклопластиковая и полимерная арматура, благодаря их выдающимся эксплуатационным характеристикам. Эти материалы обладают высокой прочностью, лёгкостью и стойкостью к коррозии, что делает их идеальными для применения в различных строительных областях. Стеклопластиковая арматура, состоящая из стеклянных волокон, пропитанных полимерной матрицей, используется для армирования мостов и дорог. Например, в Берлине, Лондоне, Бангкоке и Нью-Дели успешно применяется стеклопластиковая арматура в строительстве мостов, где она помогает снизить вес конструкций и повысить их долговечность. В частности, в этих городах стеклопластиковая арматура позволяет ускорить строительство, так как она легче и проще в обработке, а также повышает стойкость конструкций к воздействию внешних факторов, таких как коррозия и агрессивные химические вещества. Кроме того, стеклопластиковая арматура активно используется в дорожном строительстве для укрепления асфальтобетонных покрытий и создания временных дорог, что способствует увеличению срока службы дорожных объектов.

Полимерная арматура, включая стеклопластиковую, также находит широкое применение в строительстве тоннелей и подземных сооружений, где важными требованиями являются высокая коррозионная стойкость и долговечность. Это особенно актуально для таких объектов, как метро и различные подземные коммуникации, где воздействия внешней среды могут значительно снизить срок службы традиционной металлической арматуры.

Таким образом, использование стеклопластиковой и полимерной арматуры в строительстве становится всё более популярным в таких странах, как Германия, Великобритания, Таиланд, Индия и Китай. Эти материалы позволяют создавать более устойчивые и долговечные конструкции, которые могут служить десятки лет, несмотря на воздействие окружающей среды.

Несмотря на множество преимуществ, использование арматуры нового поколения сталкивается с рядом проблем и ограничений:

- нормативная база: отсутствие четких стандартов и нормативов для проектирования и применения композитной арматуры может стать препятствием для её широкого внедрения;

- костные факторы: первоначальные затраты на композитные материалы могут быть выше, чем на сталь, что требует от инвесторов тщательной оценки жизненного цикла проекта;

- недостаток опыта: ограниченный опыт применения новых материалов в строительстве может вызывать сомнения у проектировщиков и строителей, что требует дополнительных исследований и обучающих программ [3].

Выводы

В условиях современного строительства, где требования к долговечности, экономической эффективности и устойчивости материалов к внешним воздействиям становятся все более актуальными, использование инновационных решений представляется необходимым шагом.

Арматура нового поколения, включая композитные и полимерные материалы, предлагает множество преимуществ, таких как коррозионная стойкость, легкость и улучшенные механические свойства. Эти характеристики делают её незаменимой в строительстве объектов, где повышены требования к безопасности и сроку службы конструкций. Несмотря на высокие первоначальные затраты и необходимость разработки четкой нормативной базы, преимущества, которые предлагает арматура нового поколения, значительно перевешивают возможные недостатки.

Таким образом, применение арматуры нового поколения в железобетонных конструкциях может открывать новые горизонты для развития строительной отрасли. Дальнейшие исследования и практическое внедрение этих материалов позволят не только улучшить качество строящихся объектов, но и обеспечить их долговечность, что в конечном итоге приведет к снижению затрат на обслуживание и восстановление. Это важный шаг на пути к устойчивому и экономически эффективному строительству в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1 Рамазанова, Г. И., Сарбаева, Ж. М., Нурмухамбетова, А. Б. Исследование прочностных характеристик железобетона с арматурой

нового поколения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2020. – № 1(70). – С. 66-72.

2 Петров, С. Н., Шулепов, Д. А. Применение композитных материалов в строительстве: проблемы и перспективы // Научный вестник Таврического национального университета имени Владимира Вернадского. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 55-62.

3 Александров, В. И., Чистякова, Е. В. Применение полимерной арматуры в железобетонных конструкциях: преимущества и недостатки // Научные исследования и разработки: экономика и управление. – 2019. – Т. 5, № 18. – С. 70-77.

4 Khan, M. A., Ghafoor, K. Composite Reinforcement for Concrete Structures: A Review // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 213. – P. 611-622.

5 Teng, J. G., Wang, J. Advanced Composite Materials for Structural Applications // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2020. – Vol. 32, No. 4. – P. 04019252.

6 Chowdhury, A. M., Ranjan, K. Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Bars in Concrete Structures: A Review // Journal of Reinforced Plastics and Composites. – 2018. – Vol. 37, No. 5. – P. 307-322.

7 Mehta, P. K., Monteiro, P. J. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 4th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2014.

8 Zhang, Z., Zhang, M. Durability of GFRP Reinforced Concrete Under Different Environmental Conditions: A Review // Materials. – 2019. – Vol. 12, No. 10. – P. 1588.

9 Fang, J., Liu, Y. Structural Applications of Fiber Reinforced Polymer Composites // Composites Part B: Engineering. – 2018. – Vol. 135. – P. 124-135.

10 Саканов К.Т., Петлина Е.В. Использование композитных материалов на основе углеродного волокна в строительстве // Журнал: Наука и техника Казахстана. – 2019. - №1

ТЕРМОАКУСТИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ МЕН ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ТАЛДАУ

САРСИКЕЕВ. Е. Ж.

PhD, қауымд. профессор С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

АҢСАПОВ А. Е.

докторант, С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

КІРІСПЕ

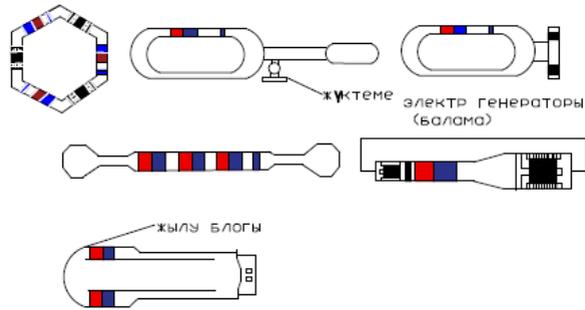
Соңғы онжылдықта электр энергиясын тұтынудың дамуы жағдайында қазіргі әлем жаңартылатын энергия көздеріне (ЖЭК) көшуге белсенді түрде бет бұруда, өйткені олар тұрақты, экологиялық таза және қауіпсіз энергия көздері болып табылады. Бұл процестің маңызды сәті күн, жел және газ энергиясы сияқты көздерді тиімді пайдалану болып табылады.

Бұл мәселені шешу үшін техникалық-экономикалық көрсеткіштері жақсартылған дербес баламалы энергия көздерін құру мәселелері қарастырылады. Бұл жағдайда тұтынушылар үшін шығындар минималды болуы керек, ал мұндай көздердің қызмет ету мерзімі максималды болуы керек [1-2].

Алайда, жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жыл бойына ауа-райының өзгергіштігіне байланысты әрдайым мүмкін бола бермейді, бұл осындай жүйелердің теңдестірілген жұмысына, сондай-ақ өндірілген энергияны жинақтау қажеттілігіне байланысты. Мұның бәрі салынған қаражатты ақтамауы мүмкін [3]. Бұл мәселені шешу үшін көп сатылы жылу акустикалық қозғалтқыш (Тад) ол салқындатқыштың төмен температуралық диапазонында 70-80°C дейін жұмыс істейді. Дәстүрлі Стирлинг қозғалтқышымен салыстырғанда, термоакустикалық қозғалтқыш (ТАҚ) бірқатар артықшылықтары бар: оны пайдалану оңай, күрделі механизмдерді қажет етпейді және пайдалану құны аз. Жылу энергиясын механикалық энергияға айналдыру үшін тұрақты дыбыс толқынын пайдалану арқылы ТАҚ төмен температура градиенттерінде де жоғары тиімділікті қамтамасыз етеді, бұл оны шектеулі ресурстар мен төмен потенциалды жылу жағдайында қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Термоакустикалық қозғалтқыштың құрылымдық ерекшеліктері.

Құрылымдық жағынан, ТАҚ-бұл акустикалық резонатор, онда регенератордан, ыстық жылу алмастырғыштан, суық жылу алмастырғыштан және жүктемеден тұратын жылу блогы орналасқан, мысалы, акустоэлектрлік түрлендіргіш (сызықтық ток генераторы, балама)(1-сурет).



1 – сурет – термоакустикалық қозғалтқыштардың дизайн схемалары: а) - жүгіру толқынындағы ТАҚ, в) - Жылу блогтарының дәйекті орналасуы бар тұрақты толқындағы ТАҚ; б) - коаксиалды ТАҚ [3-4].

Термоакустикалық қозғалтқыш (ТАҚ) резонатордан тұрады, оның ішінде газдың тұрақты көлемі сақталады. Жылу алмастырғыштар жасаған температура айырмашылығының арқасында Регенератор ішіндегі газдың аз мөлшері акустикалық толқындардың әсерінен қозғала бастайды (тербеле бастайды). Температураның әртүрлі деңгейлеріндегі газдың бұл қозғалысы акустикалық тербелістерді тудыратын термодинамикалық циклдардың пайда болуына әкеледі.

Жұмыс газдарында таралатын акустикалық тербелістер бірден екі функцияны орындайды: олар механикалық энергияны тасымалдаушы және термодинамикалық циклдардың орындалуын қамтамасыз етеді. Бұл тербелістер термодинамика, гидродинамика, жылу алмасу және масса алмасу процестерін біріктіреді [4].

ТАҚ-ның екі негізгі түрі бар: тұрақты толқын қозғалтқышы және қозғалмалы толқын қозғалтқышы (1-суретті қараңыз). Екі жағдайда да басты міндет — жылу энергиясын жылу көзінен газ қысымының өзгеруіне айналдыру. Сызықтық генератор бұл

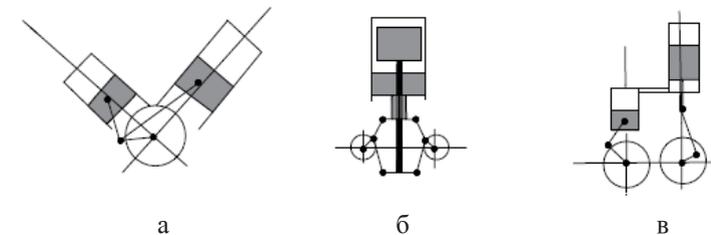
қысымның ауытқуын электр қуатына айналдырады, ал артық жылу салқындатқыш арқылы шығарылады.

ТАД-ға энергия түрлендіргіші ретінде әдетте сызықтық айнымалы ток генераторы (балама) қолданылады. Екі бағытты толқындық турбинаны қолдану нұсқалары да зерттелуде. Термоакустикалық қозғалтқыштар жылу әсерінен жұмыс істейтіндіктен, олар көбінесе Стирлинг қозғалтқыштарымен тозады. Бұл қозғалтқыштардың кез келген жылу көздерін (мысалы, биоотын, күн энергиясы немесе қайталама жылу) пайдалану және кең ауқымды пайдалану мүмкіндігі сияқты бірқатар артықшылықтары бар [4–5].

Дегенмен, Стирлинг қозғалтқышының кемшіліктері бар. Олардың негізгісі-жоғары температура жағдайында поршень мен цилиндр арасындағы үйкеліс және олардың қызмет ету мерзімін шектейтін күрделі жетек көрсеткіштерінің қажеттілігі (2-суретті қараңыз).

Стирлингтің тиімділігін арттыру үшін жаңа материалдар мен технологияларды қолданыңыз. Бұл олардың ресурсы мен өнімділігін арттыруға, сондай-ақ өндіріс құнын арттыруға мүмкіндік береді.

Термоакустикалық қозғалтқыштар тұрақтылық, сенімділік және өндіріс құнының төмендігі тұрғысынан артықшылықтарының арқасында Стирлинг қозғалтқыштарына перспективалы балама болып табылады [6].



2 – суретте кинематикалық жетегі бар Стирлинг машинасының схемалары көрсетілген:

а)-Альфа - Стирлинг, б)-бета-Стирлинг, в) гамма-Стирлинг.

Зертханалық жағдайда да, өндірістік қондырғыларда да қолданылатын термоакустикалық түрлендіргіштердің негізгі дизайн

схемалары екі топқа көтеріледі: тікелей цикл түрлендіргіштері (энергия жасау үшін) және кері цикл (суық үшін) [6-7].

ҚОРЫТЫНДЫ

Тұрақты энергетикалық технологияларға деген қажеттіліктің өсуі жағдайында термоакустикалық қозғалтқыштар төмен потенциалды жылуды түрлендірудің перспективалы жолын ұсынады. Олардың дизайнның қарапайымдылығы, тұрақтылығы және төмен температура диапазонында жұмыс істеу қабілеті сияқты бірегей қасиеттері оларды болашақ жаңартылатын энергия жүйелерінің негізгі элементіне айналдырады. Олардың тиімділігін бағалау және конструктивті жақсартуларды әзірлеу әртүрлі салаларда энергиямен қамтамасыз ету үшін экономикалық және техникалық негізделген шешімдер жасауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 De Blok, C.M. Thermoacoustic Technology for Energy Applications: THATEA project deliverable Final report / C.M. de Blok, H. Tjani, T. Pollès. – 2012. – 56 pp.
- 2 Design of a high efficiency power source (HEPS) based on thermoacoustic technology: NASA contract no. NAS3-01103, Final report / Petach M., Tward E., S. Backhaus, 2004. – 29 pp.
- 3 Didier, A., Thermo-Acoustic Generators for space missions / A. Didier, C. Tourneur, J. Reed, B. Rechain, M. François // Proceedings of the 9th PAMIR International Conference Fundamental and Applied MHD, Riga (Latvia). – 2014. – P. 23-26.
- 4 Dong, W. Development and Design of Cold Heat Exchanger of Pulse Tube Cooler / W. Dong, M. Lucentini, V. Nazo. – 2000. – AIAA 2868. – P. 420-423.
- 5 Dovgyallo, A.I. Numerical Investigation on a 70 Hz Pulse Tube Micro-cryocooler / A.I. Dovgyallo, E.A. Zinovyev, S.O. Nekrasova // Procedia Engineering. – 2016. – V. 152. – P. 314-320.
- 6 Оценка КПД криогенного двигателя Стирлинга, входящего в состав газификатора сжиженного природного газа системы питания газовым потоком судового двигателя / В.А. Афанасьев, А.М. Цейтлин, П.Б. Поляков, Р.Ю. Гавлович // Вестник АГТУ. Серия «Морская техника и технология». – 2013. – № 1. – С. 78–83.
- 7 Горожанкин, С.А. Комбинированные газотурбинные установки с двигателями Стирлинга / С.А. Горожанкин, Н.В. Савенков, А.В. Чухаркин // Научно-технические ведомости Санкт-

Петербургского политехнического университета. – 2015. – № 2 (219). – С. 57–66. DOI: 10.5862/JEST.219.7

КОГЕНЕРАЦИЯ АУЫЛДЫҚ ЖЕРЛЕРДІ ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ТИІМДІ ӘДІСІ РЕТІНДЕ

ШАЙМЕРДЕНОВА Р. Т.

докторант, С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

ИСЕНОВ С. С.

т.ғ.к., қауымд. профессор, С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

ЮРЧЕНКО А. В.

т.ғ.д., профессор, Томск ұлттық зерттеу политехникалық университеті,

Ресей, Томск қ.

Когенерация-бұл бір көзден жылу мен электр энергиясын бір уақытта өндіру тәсілі. Жылу жоғалған дәстүрлі әдістерден айырмашылығы, когенерациялық қондырғыда ол жылыту, ыстық су немесе өндірістік процестер үшін қолданылады. Мұндай жүйе 80-90% тиімділікке жетеді, ал кәдімгі электр станцияларында тек 30-40% тиімділікке жетеді [1].

Тақырып өзекті, өйткені энергия ресурстарын тиімді пайдалану тұрақты даму үшін маңызды. Жылу мен электр энергиясын біріктіретін когенерация энергия тиімділігін арттырады, отын шығындарын азайтады және экологиялық әсерді азайтады. Жаһандық тұрақтылық пен парниктік газдар шығарындыларын азайту жағдайында мұндай жүйелер жасыл және энергияны үнемдейтін энергия көздеріне маңызды қадам болып табылады.

Бұл мақаланың жаңалығы когенерация саласындағы заманауи жетістіктер мен трендтерді егжей-тегжейлі талдаудан, сондай-ақ ауылдық аймақтарда микрокогенерация мен биомассаны қолданудың жаңа мүмкіндіктері мен перспективаларына баса назар аударудан тұрады.

Бұл мақалада автор когенерацияны жылу энергиясы мен электр энергиясын бір уақытта өндірудің тиімді әдісі ретінде талдайды. Оның энергия тиімділігін арттыру, шығарындыларды азайту және отын шығынын азайту сияқты экологиялық және экономикалық пайдасына ерекше назар аударылады. Сонымен қатар, биомасса мен газды қоса алғанда, отынның әртүрлі түрлері талқыланады және ауылдық жерлерде когенерацияны енгізу мүмкіндігі зерттеледі.

Когенерациялық жүйелер шығаратын жылу ыстық су, бу, тоназытқыш қондырғыларында, сондай-ақ ыстық ауамен кептіру процестерінде қолданылады (1-суретті қараңыз).



1-сурет – Когенерациялық қондырғылар өндіретін жылу энергиясы

Когенерацияның жұмыс принципі - қозғалтқыш немесе турбина электр энергиясын өндіреді, ал артық жылу жылыту үшін қолданылады. Жылу тұнғыыққа түсетін классикалық әдістерден айырмашылығы, когенерациялық жүйелер оны қайта пайдаланады, бұл энергия тиімділігін айтарлықтай жақсартады [3, 110-118б.].

Когенерация электр энергиясы мен жылуды бір уақытта өндіруді қамтамасыз етеді, бұл ресурстарды пайдалану тиімділігін арттырады. Дәстүрлі әдістерден айырмашылығы, жылу жоғалмайды, бірақ жылу, ыстық су немесе өнеркәсіп үшін қолданылады, тиімділікті 80-90% дейін арттырады. Бұл жүйелер әртүрлі отындарда — газда, биомассада, көмірде және қалдықтарда жұмыс істей алады және энергияны өндіру және жылуды қайта пайдалану үшін турбиналарды, қозғалтқыштарды немесе басқа технологияларды қолдана алады [4, 37–6.].

Когенерацияның дәстүрлі энергия көздеріне қарағанда айтарлықтай артықшылықтары бар. Қазба отын электр станцияларында энергияның көп бөлігі жылу ретінде жоғалады, бұл жылу тиімділігін 30–40 % дейін төмендетеді. Бұл отынды көбірек тұтынуға, пайдалану шығындарының артуына және шығарындылардың өсуіне әкеледі, бұл экологияға теріс әсер етеді [5, 148–158 –6.].

Дәстүрлі жүйелерден айырмашылығы, когенерациялық қондырғылар жылу мен электр энергиясын бір уақытта өндіру

арқылы жалпы энергия тиімділігін арттырады, бұл отыннан энергияны барынша пайдалануды қамтамасыз етеді. Когенерациялық жүйелердің тиімділігі 80-90 % жетуі мүмкін, бұл әдеттегі электр станцияларының тиімділігінен едәуір асып түседі [6, 37-49 – б.].

Когенерациялық қондырғылар кішігірім және ауқымды болып бөлінеді, олардың әрқайсысы пайдаланушылардың әртүрлі энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыруға арналған. 1-кестеде кішігірім және ауқымды когенерация арасындағы айырмашылықтар келтірілген, бұл жүйенің осы екі түрінің арасындағы негізгі сипаттамалар мен айырмашылықтарды айқын көрсетеді [7, 45-52 – б.].

1-кесте – Шағын және ауқымды когенерация арасындағы айырмашылықтар

Параметр	Шағын масштабты когенерация (Micro-Cogeneration)	Ауқымды когенерация
Қолдану	Т ұ р ғ ы н үйлер, шағын кәсіпорындар, ш а л ғ а й да ғ ы ауылдық аудандар	Ө н е р к ә с і п т і к қ о н д ы р ғ ы л а р , орталықтандырылған жылумен жабдықтау желілері, ірі электр станциялары
О т ы н көздерінің түрлері	Табиғи газ, биомасса	Табиғи газ, көмір, биомасса, қалдықтар (кейбір жүйелер үшін)
Негізгі жабдық	П о р ш е н д і қ о з ғ а л т қ ы ш т а р , с т и р л и н г қ о з ғ а л т қ ы ш т а р ы , отын элементтері	Газ турбиналары, бу турбиналары, аралас цикл қондырғылары
Қуат	Төмен қуат (әдетте 10-30 кВт дейін)	Жоғары қуат (жүздеген кВт-тан мегаваттқа дейін)

Жылу және электр энергиясы	Шағын тұтынушылар үшін жылу мен электр энергиясын бір уақытта қамтамасыз етеді	Тұрғын үй кешендері, кәсіпорындар сияқты ірі тұтынушылар үшін жылу мен электр энергиясын өндіреді
Орналасқан жері	Шалғайдағы ауылдық аймақтар, электр желілеріне қол жетімділігі нашар аймақтар	Урбанизацияланған аудандар, өндірістік аймақтар, қалалық агломерациялар
Артықшылықтары	Ақтамдық, жоғары тиімділік, автономия	Жоғары қуат, үлкен қажеттіліктерге қызмет көрсету мүмкіндігі, қолданыстағы инфрақұрылымға интеграция
Экологиялық әсер	Көміртегі ізін азайту, жергілікті жаңартылатын көздерді пайдалану	Отынды тиімді пайдалану, дәстүрлі энергия көздерімен салыстырғанда СО ₂ шығарындыларын азайту

Бұл кесте когенерацияның екі түрінің арасындағы негізгі айырмашылықтарды нақты көрсетеді, бұл олардың нақты шарттар мен талаптарға байланысты қолданылуын түсінуді жеңілдетеді. Когенерация технологиялары биомассаны пайдаланатын микрокогенерациялық жүйелер мен шешімдерді енгізу арқылы ауылдық жерлер үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Бұл технологиялар әсіресе орталықтандырылмаған және локализацияланған энергетикалық өндіріс энергетикалық қауіпсіздікті арттыратын, шығындарды азайтатын және тұрақты дамуға ықпал ететін ауылдық жерлерде тиімді [8, 112-118 – б.].

Үгінділер, ауылшаруашылық қалдықтары және көң сияқты жергілікті ресурстарды пайдаланатын биомасса когенерациясы ауылдық жерлерде электр қуаты мен жылуды тиімді өндіреді. Бұл жүйелер әртүрлі мөлшерде болуы мүмкін, фермалардан бастап ірі ауылдарға дейін, қайта өңдеуге ықпал етеді және қазба ресурстарына тәуелділікті азайтады. Жергілікті биомассаны пайдалану көлік

шығындарын азайтады және энергия жүйелерінің тұрақтылығын жақсартады [9, б. 102].

Бұған балама табиғи газ немесе биогаз когенерациясы болып табылады, ол сонымен қатар ауылдық жерлерде тиімді, үй шаруашылықтары мен фермаларды энергиямен қамтамасыз етеді. Бұл технологиялар импортталатын көздерге тәуелділікті азайтады, энергетикалық қауіпсіздікті арттырады және тұрақтылық мақсаттарын қолдау және парниктік газдар шығарындыларын азайту арқылы экологиялық әсерді азайтады.

Когенерациялық жобалар бүкіл әлемде сәтті жүзеге асырылуда, бұл технологияның ауылдық және шалғай аймақтарда тиімділігін растайды. Данияда ауылшаруашылық қалдықтары мен орман қалдықтарына негізделген биомассалық когенерация қолданылады, бұл қазба отынына тәуелділікті азайтады және жергілікті энергия қажеттіліктерін қанағаттандырады. Үндістанда, әсіресе ауылдық жерлерде, биомасса негізіндегі жобалар қолданылады, бұл энергияның қолжетімділігін жақсартады, отын шығындарын азайтады және сенімді энергиямен қамтамасыз етеді [10].

Қорытындылай келе, когенерация энергия өндірудің тиімді және тұрақты әдісін ұсынады, әсіресе ауылдық жерлерде пайдалы. Бұл энергия тиімділігін арттырады, жанармай шығындарын азайтады және экологиялық әсерді азайтады. Биомассаны және ауылшаруашылық қалдықтары мен биогаз сияқты жергілікті ресурстарды пайдалану шалғайдағы елді мекендерді энергиямен қамтамасыз етудің жаңа мүмкіндіктерін ашады. Микрокогенерациялық жүйелерді енгізу ауылдық аумақтардың энергетикалық қауіпсіздігі мен дербестігін жақсартады. Дания мен Үндістаннан алынған мысалдар әртүрлі климаттық және экономикалық жағдайларда когенерацияның жоғары тиімділігін растайды, бұл оның ауылдық энергиямен қамтамасыз етудегі маңыздылығын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 ГЭС-Украина. Разработка когенерационных установок для энергообеспечения удаленных потребителей сельской местности / ГЭС-Украина. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ges-ukraine.com/maininfo_20.html (дата обращения: 23.01.2025).

2 Захаров В. М., Петров Д. В. Применение когенерации для энергетического обеспечения отдаленных сельских населенных

пунктов России // Современные проблемы энергетики. – 2020. – Т. 18, №2. – С. 25–34.

3 Рахимбаев А. А., Сабиров Р. Р. Исследование применения биогазовых когенерационных установок для энергетического обеспечения сельских поселений Казахстана // Журнал возобновляемых источников энергии. – 2020. – Т. 22, №5. – С. 110–118.

4 Трофимов А., Рабинович М. Распределительные сети – наиболее проблемный и затратный фактор электроснабжения сельских территорий // Журнал Энергетика. – 2011. - №2. – С. 37.

5 Baumgartner G., Feldman O. Cogeneration systems for rural energy supply: Technical, economic, and environmental assessment // Energy Policy. – 2019. – Vol. 137. – P. 148–158. [на англ. яз.]

6 Gersh L.A. Cogeneration systems in the rural context: Energy access and environmental benefits // Journal of Renewable Energy. – 2022. – Vol. 27, No. 3. – P. 37–49. [на англ. яз.]

7 Kalyuzhny D., Pavlov A. Development and optimization of small-scale cogeneration plants for rural communities // Russian Journal of Energy. – 2021. – Vol. 23, No. 1. – P. 45–52. [на англ. яз.]

8 Rahimov A.A., Sabirov R.R. Application of biogas cogeneration plants for rural energy in Kazakhstan // Journal of Renewable Energy Technologies. – 2021. – Vol. 29, No. 4. – P. 112–118. [на англ. яз.]

9 Sharma D.D. Identification and characterization of irregular consumptions of load data // Modern Power Systems and Clean Energy. – 2017. – 102 p. [на англ. яз.]

10 Viessmann-Almaty. Когенерационные установки/Viessmann-Almaty.– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.viessmann-almaty.kz/index.php?dn=products&to=kat&katid=41&razid=2> (дата обращения: 23.01.2025). [на англ. яз.]

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ШАРАПИДЕН А. Ж.

магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

САКАНОВ К. Т.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

МАХАНОВ С. Н.

магистр, Торайгыров университет, г. Павлодар

Усиление конструкций – это активная и инновационная область инженерных исследований. Необходимость в таком направлении исследований проистекает из неоспоримого факта: значительная часть зданий, находящихся в эксплуатации в настоящее время, уже давно превысила свой первоначально рассчитанный срок службы.

Основные причины выполнения работ по усилению строительных конструкций связаны с тем, что их техническое состояние не соответствует требованиям строительных норм и правил.

Каменные конструкции – это самые ранние строительные системы в мире. На сегодняшний день, по приблизительным оценкам, каменные конструкции составляют более 70% мирового жилого фонда. Более того, значительная часть этих сооружений включает в себя исторические здания, имеющие различные виды повреждений. Часто возникает необходимость усиления таких дорогостоящих и исторически значимых конструкций, поскольку их демонтаж и замена могут быть значительно дороже ремонта или вообще невозможны [1].

Стареющие конструкции должны не только выдерживать повышенные нагрузки из-за растущих эксплуатационных требований, но и противостоять неблагоприятным воздействиям постоянно меняющейся и динамичной окружающей среды, таким как землетрясения, наводнения и лесные пожары.

Современные технологии усиления включают использование инновационных материалов и методов, которые позволяют значительно улучшить прочностные характеристики зданий и сооружений, обеспечивая их долговечность и безопасность в условиях сейсмической активности.

К настоящему моменту было предложено большое количество методов усиления каменных конструкций, например обработка поверхности, торкретбетонные или ферроцементные покрытия,

полимеры, армированные волокнами (FRP), строительные смеси, армированные текстилем (TRM), а также инъекции затирки или эпоксидной смолы. В частности, FRP и TRM зарекомендовали себя как высокоэффективные решения для упрочнения с низкой занимаемой площадью; оба они используют преимущества волокнистых материалов высокой прочности и жесткости, что приводит к получению композитов с благоприятным соотношением прочности к весу по сравнению с традиционными методами упрочнения. Таким образом, в современных технологиях используются легкие и долговечные материалы, которые можно легко применять в различных системах усиления.

Усиление каменных конструкций композитными материалами является эффективным методом, позволяющим значительно улучшить эксплуатационные характеристики и продлить срок службы каменных сооружений. Высокая прочность, легкость, устойчивость к коррозии и гибкость композитных материалов делают их незаменимыми в современных условиях, особенно при необходимости сохранения и усиления исторических и архитектурных памятников.

Углепластик – это композитный материал, включающий в себя матрицу из эпоксидной смолы, в которой встроены тонкие, но высокопрочные углеродные волокна. Углеродное волокно представляет собой высокопрочный и высокомодульный материал с линейно-упругими свойствами. Оно обладает в четыре раза большей прочностью на растяжение по сравнению с лучшими марками стали, при этом оно значительно легче железа (на 75%) и алюминия (на 30%). В настоящее время углеродное волокно широко используется в строительстве. Это связано с его высокой прочностью, устойчивостью к агрессивным средам и продолжительным сроком службы до 75 лет. Прочность углеродного волокна часто превосходит сталь, поэтому оно применяется для усиления каменных, железобетонных и металлических конструкций в качестве поверхностного армирования. Для соединения углеродного волокна с усиливаемыми конструкциями обычно используют составы на основе эпоксидной смолы. Такая система усиления известна за рубежом под коммерческим названием FRP (Fibre Reinforced Polymers) [2].

Основная концепция внешнего армирования заключается в том, что элементы углеродного волокна, обладающие высокой прочностью на растяжение, предотвращают поперечные деформации

кладки при осевом сжатии. Это позволяет сдерживать образование силовых трещин и ограничивать их ширину, что в свою очередь повышает несущую способность кладки до 200% и более.

Укрепление каменной кладки с использованием углеволоконных обоев представляет собой отличную альтернативу стальным обоймам, так как эти обои начинают работать в процессе монтажа, когда холст накладывается на усиливаемый элемент через клеевой слой.

Процесс усиления углеволокном осуществляется быстро и является высокоэффективной технологией. При повреждении несущих конструкций применение углепластика или углеволокна становится незаменимым, так как это позволяет значительно уменьшить последствия повреждений, восстановить и даже повысить несущие способности конструкции [3]. Однако на свойства композиционных материалов также оказывает влияние матрица из полимера. Матрица выполняет ряд функций, включая обеспечение целостности композита, фиксацию формы изделия и распределение внешних напряжений по объему композита.

Полимерная матрица играет ключевую роль в придании композитному материалу структурной целостности. Окончательные характеристики композита зависят от химической структуры полимера, его макроскопических свойств и процесса отверждения. Для эффективной передачи нагрузки от матрицы к волокнам необходимо достичь оптимального уровня адгезии. Слишком сильная адгезия (особенно для жестких матриц) может привести к проблемам, таким как отслаивание волокон от матрицы, что ведет к снижению энергии разрушения и ухудшению прочностных характеристик композита [4]. Следовательно, при формировании композитных материалов необходимо учитывать широкий спектр физико-механических и технологических параметров связующего вещества, а также разнообразные типы взаимодействия между различными составляющими композитного материала. Эти взаимодействия могут оказать значительное влияние на общие характеристики материала, что требует тщательного анализа и учета в процессе изготовления композитов.

Эпоксидные смолы относятся к широкому классу органических соединений, содержащих не менее двух эпоксидных групп в молекуле. Для матрицы могут использоваться эпоксидные, фенолформальдегидные смолы, полиамиды и другие материалы [5].

Эпоксидная смола обладает высокой прочностью по сравнению с другими связующими материалами. Это достигается за счет свойств смолы, таких как ее относительная пластичность и способность к хорошей адгезии к армирующим волокнам. Эти свойства позволяют равномерно распределить напряжения, действующие на композит, по всему его объему, что способствует эффективному использованию прочности высокопрочных волокон.

Эпоксидные полимеры характеризуются недостаточной прочностью при растяжении, однако они способствуют созданию монолитной структуры композиционного материала и эффективно передают нагрузку на волокнистый наполнитель. В результате углепластики, созданные на основе эпоксидных полимеров, обладают высокой прочностью [6].

Усиление каменных конструкций углеродными волокнами является высокоэффективным методом, обладающим рядом существенных преимуществ и широкой областью применения по сравнению с традиционными методами. Применение углеродных волокон позволяет сохранять первоначальные размеры конструктивных элементов, не увеличивая их массу, при этом обеспечивая усиление стен, несущих конструкций, плит перекрытия и покрытия. Композитные материалы обладают высокой коррозионной стойкостью и просты в применении, что позволяет значительно сократить сроки выполнения работ. Кроме того, отсутствует необходимость в возведении сложных подмостей и использовании грузоподъемного оборудования. Работы по усилению могут проводиться без остановки эксплуатации зданий и сооружений.

Преимущества усиления углепластиком включают [7]:

- высокая прочность армирующего материала;
- отличная коррозионная стойкость;
- эффективное использование материалов для сейсмоусиливающих конструкций благодаря их высокому соотношению прочности и жесткости к массе;
- незаметность ремонта, что особенно важно для исторических зданий;
- возможность применения к конструкциям любой формы без изменения их архитектурного облика;
- простота монтажа.



Рисунок 1 – Fibre reinforced polymers (FRP)

Несмотря на преимущества углепластика, также был выявлен ряд недостатков. В основном это относится к свойствам эпоксидной смолы, используемой для соединения полимерной матрицы и волокон. В частности, углепластики демонстрируют быстрое снижение своих механических свойств при высоких температурах, связаны с высокой стоимостью эпоксидной смолы и неприменимы на влажных поверхностях и при низких температурах [8]. Самое главное, что углепластики представляют опасность для здоровья строительных рабочих, вызывая раздражение кожи и воспаление при плохой вентиляции.

В качестве альтернативного решения для усиления конструкций был предложен раствор, армированный текстилем (TRM), который нашел несколько применений в каменных конструкциях. Технология TRM является подклассом FRCM (цементной матрицы, армированной тканью) или TRC (текстильно-армированный бетон) [9]. До настоящего момента TRM использовался в качестве метода усиления существующих конструкций для бетонных и неармированных каменных конструкций [10].

Подобно FRP, TRM содержит сетку из текстильного волокна (например, стекло, углерод или базальт), которая, однако, пропитана внутри неорганической матрицы, обычно на цементной основе; также используются известняковые матрицы. В результате снижается опасность для здоровья, связанная с органическими смолами. Кроме того, TRM можно наносить на влажные поверхности, он оптимально работает даже при высоких температурах.

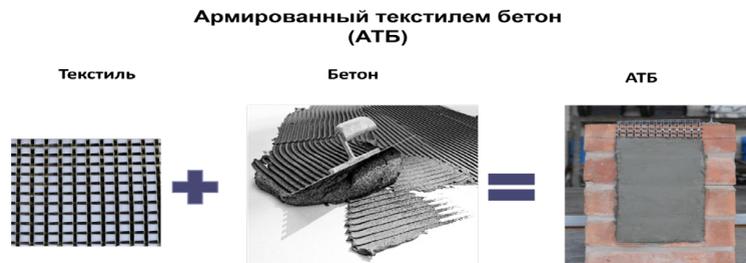


Рисунок 2 – Textile reinforced mortar (TRM)

TRM (textile reinforced mortar) или текстильно-армированный раствор, представляет собой современный метод усиления строительных конструкций, который использует раствор, армированный текстильными сетками. Этот метод нашел широкое применение благодаря своим уникальным характеристикам. Преимущества:

TRM обеспечивает высокую прочность и жесткость, одновременно оставаясь достаточно гибким, что позволяет адаптироваться к различным формам и поверхностям конструкций; растворы, армированные текстилем, обладают низкой массой, что минимизирует нагрузку на конструкцию, в отличие от традиционных методов усиления с использованием бетона или стали;

поскольку текстильные сетки не подвержены коррозии, как это происходит со стальными материалами, TRM подходит для использования в агрессивных средах и влажных условиях;

метод TRM не требует сложного оборудования и может быть легко применен на месте без значительных подготовительных работ; тонкий слой раствора, армированного текстилем, сохраняет внешний вид оригинальной конструкции, что особенно важно при работе с историческими зданиями и памятниками архитектуры;

TRM системы демонстрируют высокую долговечность, устойчивость к внешним воздействиям и минимальные требования к обслуживанию.

Недостатки TRM (Textile Reinforced Mortar):

текстильные сетки и специализированные растворы могут быть дороже по сравнению с традиционными материалами, что увеличивает общую стоимость проекта;

применение TRM требует специальных навыков и знаний, что может увеличить затраты на труд и обучение рабочих;

он может быть недостаточно эффективен для конструкций, требующих значительного увеличения несущей способности;

для обеспечения максимальной адгезии и эффективности, поверхность, на которую наносится TRM, должна быть тщательно подготовлена, что может увеличить время и трудозатраты;

в условиях высокой влажности или низких температур могут возникнуть проблемы с адгезией между текстильной сеткой и раствором.

Использование TRM в строительных и ремонтных проектах требует тщательного анализа и подготовки, но при правильном применении этот метод может значительно улучшить долговечность и прочность каменных конструкций.

Выбор между FRP и TRM зависит от конкретных требований усиления. FRP предпочтителен для усиления, где важна высокая прочность и минимальное обслуживание, несмотря на высокие начальные затраты. TRM может быть экономически более эффективным выбором для усиления с ограниченным бюджетом, но требует более тщательного следования инструкциям при установке.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ghiga D., Taranu N., Ențuc I., Ungureanu D., Scutaru M. Modern Strengthening Techniques for Masonry Structures. The Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Construction. Architecture Section. – 2018.

2 Деркач В.Н., Жерносек Н.М. Методы оценки прочности каменной кладки, в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – №3. – С. 135-143.

3 Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами : Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах / Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75-79.

4 Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г., Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 352 с.

5 Копытин А.В. Модифицированные эпоксидные композиционные материалы пониженной пожарной опасности: дис. ... канд.техн.наук:05.23.05 – М.: НИУ МГСУ, 2017. –196 с.

Мошинский Л. Эпоксидные смолы и отвердители. Аркадия пресс Лтд, Тель-Авив, 1995. – 370 с.

6 Tetta, Z. C., Koutas, L. N. & Bournas, D. A. (2015), ‘Textile-reinforced mortar (TRM) versus fiber-reinforced polymers (FRP) in shear strengthening of concrete beams’, Composites Part B: Engineering 77, 338–348.

7 Bertolesi, E., Milani, G. & Poggi, C. Simple holonomic homogenization model for the non-linear static analysis of in-plane loaded masonry walls strengthened with FRCM composites. Composite Structures 158. – 2016. – P. 291–307.

8 Kong, K., Mesticou, Z., Michel, M., Larbi, A. S. & Junes, A. (2017), ‘Comparative characterization of the durability behaviour of textile-reinforced concrete (TRC) under tension and bending’, Composite Structures 179, 107–123.

9 Askouni, P. D. & Papanicolaou, C. G. (2017), ‘Experimental investigation of bond between glass textile reinforced mortar overlays and masonry: the effect of bond length’, Materials and Structures 50(2), 164.

Мазмұны

Секция 1

Электр энергетикасындағы өзекті мәселелер және тұрақты даму Аktуальные проблемы в электроэнергетике и устойчивое развитие

Барукин Ю. С., Барукина Н. Ю. Ранние эксперименты, открытия, инженерные методы в электроэнергетике.....	3
Волгина Е. М. Современные методы энергосбережения и повышения эффективности в контексте устойчивого развития городской инфраструктуры	8
Динмуханбетова А. Ж., Сулейменова А. Е. Применение нейронных сетей для прогнозирования аварий в энергосистеме	13
Жолдаспеков С. Д. Будущее технологии и развитие цифровых двойников релейной защиты	18
Жолдаспеков С. Д. Введение в концепцию цифрового двойника.....	21
Жолдаспеков С. Д. Актуальность разработки цифровых двойников устройств релейной защиты	25
Журавлев В. О., Казамбаев А. М., Дубинец Н. А. Пути становления и создания энергетического кластера Павлодарского региона	31
Казамбаев А. М., Журавлев В. О., Дубинец Н. А. Фазоповоротный трансформатор: его характеристики и преимущества	39
Кургузов Н. Н., Кургузова Л. И., Кургузова М. Н. Об устойчивости функционирования микропроцессорных релейных защит мощных электродвигателей	45
Леньков Ю. А., Кириченко Д. Е. Атомной электростанции в Казахстане быть.....	51
Мендубаев А. А., Хамитов И. К. Современные методы крепления герконов в системах защиты линий электропередачи.....	57
Мирошник В. Ю., Холмов М. А., Никитин К. И. Диагностика проходного изолятора под напряжением	61

Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О., Жумалин Б. К. Қазақстан өңірлерінің 2000 жылдарындағы электр энергия қауіпсіздігін талдау	67
Степчук С. А., Кумарбек Б. Источники альтернативной энергии	72
Теримова А. Д., Бикина Т. А. Проблемы энергетики РК.....	77
Хусаинова А. Б. Электроэнергетика: проблемы и перспективы устойчивого развития	81
Шкроба Е. В., Байгожин А. Е. Анализ повышения энергетической эффективности электрооборудования собственных нужд тепловой станции	88

Секция 2

Жылуэнергетикасының заманауи мәселелері және жаңартылатын энергия көздері Современные проблемы теплоэнергетики и возобновляемые источники энергии

Акишов Ж. К., Жаксылыков А. Е., Қинаят Б. А. Разработка и оптимизация технологии производства строительных материалов на основе смеси угольно-шлаковых отходов и вторичных полимеров.....	92
Амренова А. Ж., Достияров А. М., Яманбекова А. К. Анализ горелочных устройств водогрейных котлов малой и средней мощности	96
Дуйсенбек Ж. С., Достияров А. М., Амренова А. Ж. Численное моделирование обтекания и горения за V-образными профилями в Comsol multiphysics и Ansys fluent.....	102
Карманов А. Е., Асет Ж., Никифоров А. С. Анализ энергопотребление и энергосатраты на предприятия ТОО «Теміржолсу-Павлодар»	108
Қабденов Қ. Н. Газ турбиналық қондырғылардың жану камерасының жану құрылғыларында пропан мен сутегі қоспасын жағу мүмкіндіктерін зерттеу	113
Мануленко А. И., Ермоленко М. В. Влияние температуры теплоносителя на эффективность работы холодильной установки в режимах нагрева и охлаждения	118
Никифоров А. С., Маршал Н. А. Современные технологии поверхностей нагрева котлов: достижения и перспективы	125

Олжабаева К. С., Расмухаметова А. С. Үздік қолжетімді технологияларды ескере отырып, жылу электр орталықтарын газға көшіру	129
Приходько Е. В., Бер Э. А. Влияние факторов эксплуатации на остаточный ресурс оборудования, работающего под давлением	135
Ризабеков Б. Т., Саракешова Н. Н. Газтурбиналық қондырғылардағы жанудың тиімділігі мен толықтығын арттыру үшін отынды газбен жылыту нәтижелері	142
Сапарғалиева А. Н. Жылу генераторының микроалаулы алдыңғы құрылғыны зерттеу және математикалық модельдеу нәтижелері	148
Степанова О. А., Касемканов Д. Н. Актуальные проблемы топливоподачи ТЭС.....	154
Сушин А. М. Теоретические основы понятия надежности работы	158
теплоэнергетических аппаратов	158

Секция 3

Автоматтандыру, робототехника және телекоммуникациядағы инновациялық шешімдер Инновационные решения в автоматизации, робототехнике и телекоммуникациях

Абдыхамидова А. Б., Сарсикеев Е. Ж., Гальцева О. В. Моделирование кинематической схемы шпонки для захватного устройства	164
Гоненко Т. В., Хацевский В. Ф. Исследование виртуального анализатора качества нефтепродуктов	168
Дробинский А. В., Байшина М. К., Курмансиитова А. А. Ионизация воздуха и нейтрализация аэроионов.....	173
Жалмагамбетова У. К., Алпысбаева Д. М., Крыкбаева М. С. Разработка системы передачи информации для автоматизированного экологического мониторинга	179
Жеребин Д. В., Зайнуллина Д. Ж. Инновационные Технологии 3D-моделирования и 3D-печати в образовании	185
Жумалин Б. К., Ярославцев М. В. Оптические датчики диффузного типа для нахождения контейнеров для мусора	189
Зайцева Н. М., Бердюгин Г. В. Использование методов искусственного интеллекта для решения задач автоматизации производства.....	193

Исабеков Ж. Б., Токобаев Ч. М., Жұмағұл Д. Б. Интеллектуальные электроприводы ашта: инновации в управлении промышленной арматурой	201
Муханов Б. К., Джайлаубек А. А. Методы автоматического регулирования газовых компрессорных станций	205
Орынбет М. М., Ұласқан А. Ө. Триполифосфат натрий өндіру үрдісіне кептіргіш мұнараға оптималды басқару жүйесін әзірлеу	210
Орынбет М. М., Намазбек А. Д. Мұнай айдаудың технологиялық процесін автоматтандыру	217
Орынбет М. М., Асылхан Б. С. Автоматтандырудағы инновациялық шешімдер	223
Садвақасова А. У., Есенов А. С. Университеттердің оқу үрдістеріндегі жасанды интеллекті енгізу кезіндегі төуекелдерді бағалау және басқару	229
Сақтаған А. А., Жүсүпбеков С. С. Автоматизация процесс акалатитическогориформинга.....	235
Түлегенова Н. А. Разработка моделей и алгоритмов планирования движений, на основе описания рабочих пространств манипуляционного робота в виде логических функций	240
Турлыбеков А. Б., Сағындық Ә. Б. Интернет вещей и криптография: защита данных с учетом национальных особенностей	247
Хацевский В. Ф., Хацевский К. В. Тематическая модель анализатора плотности сырья	253

Секция 4

Құрылыстағы және агроөнеркәсіптік кешендегі энергия тиімді технологиялар мен инновациялар Энергоэффективные технологии и инновации в строительстве и агропромышленном комплексе

Бекишева А. С., Тастан Н. Е., Маханов С. Н., Жукенова Г. А. Расчет осадок соседних фундаментов с учетом их взаимного влияния	258
Горшкова Л. В., Иссимбаева А. С. Натурные испытания стальной	268
фермы пролетом 21 М	268

Горшкова Л. В., Вальцев Д. А. Умные здания и энергоэффективные технологии. Шаг в будущее строительства	272
Даргенова А. Т., Утегенова Ж. С. Ауыл шаруашылығы саласындағы цифрлық технологияларды дамыту факторлары	277
Қалхаман Қ. Н., Нуркенова М. Ж. Қазақстандағы ауыл шаруашылығында энергия тиімділігін арттырудың инновациялық тәсілдері	284
Саканов К. Т., Никитин В. А. Инновационные решения армирования железобетонных элементов.....	289
Сарсикеев. Е. Ж., Ансапов А. Е. Термоакустикалық қозғалтқыштың құрылымдық параметрлері мен жұмыс режимдерін талдау	295
Шаймерденова Р. Т., Исенов С. С., Юрченко А. В. Когенерация ауылдық жерлерді энергиямен камтамасыз етудің тиімді әдісі ретінде	299
Шарапиден А. Ж., Саканов К. Т., Маханов С. Н. Инновационные способы усиления каменных конструкций	305

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
65 ЖЫЛДЫҒЫНА АРНАЛҒАН
«И. Ф. К. БОЙКО МЕРЕЙТОЙЛЫҚ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

ТОМ 1

Техникалық редактор А. Р. Омарова
Корректор: Д. А. Кожас
Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева
Басуға 28.02.2025 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім 29,7 × 42^{1/4}, Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 18,3. Таралымы 500 дана.
Тапсырыс № 4345

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университеті» КЕАҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.