

DOI 10.54596/2958-0048-2025-4-160-165

УДК 681.5

МРНТИ 44.01.85

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПТЭЦ-2

Латыпов С.И.<sup>1\*</sup>, Карпов П.В.<sup>1</sup>, Зыкова Н.В.<sup>1</sup>, Дарий Е.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*HAO «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»,

Петропавловск, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [silatypov@ku.edu](mailto:silatypov@ku.edu)

### Аннотация

Статья посвящена вопросу повышения автоматизации технологических процессов на Петропавловской ТЭЦ-2 с применением современных подходов анализа и моделирования тепловых, электрических и организационных процессов. Данная работа является частью научных и экспериментальных исследований, проводимых в рамках выполнения магистерской диссертации.

**Ключевые слова:** теплоэлектростанция, автоматизация технологических процессов, повышение надежности станции.

## ПЖЭО-2 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ

Латыпов С.И.<sup>1\*</sup>, Карпов П.В.<sup>1</sup>, Зыкова Н.В.<sup>1</sup>, Дарий Е.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*«Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» KeAK,

Петропавл, Қазақстан

\*Хат-хабар үшін автор: [silatypov@ku.edu](mailto:silatypov@ku.edu)

### Аннотация

Бұл мақалада Петропавл жылу электр станциясы-2-де жылу, электр және ұйымдастыруышлық процестерді талдау мен модельдеудің заманауи тәсілдерін қолдана отырып, технологиялық процестерді автоматтандыруды арттыру мәселеі қарастырылады. Бұл жұмыс магистрлік диссертация аясында жүргізілген ғылыми және эксперименттік зерттеулердің бөлігі болып табылады.

**Кілт сөздер:** жылу электр станциясы, технологиялық процестерді автоматтандыру, қондырғының сенімділігін арттыру.

## AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AT PCHP-2

Latypov S.I.<sup>1\*</sup>, Karpov P.V.<sup>1</sup>, Zykova N.V.<sup>1</sup>, Dariy E.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan

\*Corresponding author: [silatypov@ku.edu](mailto:silatypov@ku.edu)

### Abstract

This article explores the issue of increasing the automation of technological processes at the Petropavlovsk Thermal Power Plant-2 using modern approaches to analyzing and modeling thermal, electrical, and organizational processes. This work is part of the scientific and experimental research conducted as part of a master's thesis.

**Keywords:** thermal power plant, automation of technological processes, improving plant reliability.

## Введение

Автоматизация технологических процессов на тепловых электростанциях играет ключевую роль в повышении эффективности и надежности работы энергетического оборудования. Современные автоматизированные системы управления обеспечивают оптимальные режимы работы различного технологического оборудования. Как

следствие, повышается надежность работы системы, увеличивается КПД, снижаются затраты на обслуживание. В последнее время набирает актуальность применение элементов искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления.

Несмотря на значительный потенциал автоматизированных систем управления (АСУТП), имеется ряд проблем, препятствующих их оптимальному функционированию.

Одной из основных проблем является кибербезопасность. С ростом цифровизации энергетических процессов возрастаёт уязвимость систем к кибератакам, что может привести к сбоям или даже авариям. Не всегда реализованы современные методы защиты, а устаревшие протоколы связи усиливают риск несанкционированного доступа.

Вторая серьезная проблема связана с моральным и физическим износом оборудования. На многих энергетических предприятиях эксплуатируются устаревшие программно-технические комплексы, интеграция которых с новыми решениями вызывает трудности. Отсутствие единого стандарта совместимости ведет к фрагментации и увеличению затрат на модернизацию.

Не менее важной проблемой является высокая зависимость от импортных технологий и программного обеспечения. Ограниченный доступ к зарубежным компонентам и обновлениям затрудняет обслуживание и развитие отечественных АСУТП.

Также существует кадровый дефицит. Для эффективной эксплуатации и модернизации систем требуются специалисты с высоким уровнем подготовки, но их количество пока недостаточно для удовлетворения потребностей отрасли.

Дополнительно можно отметить сложность адаптации АСУТП к новым условиям: интеграции возобновляемых источников энергии, работе с распределенными сетями и необходимости повышения гибкости управления.

Таким образом, ключевые проблемы современных АСУТП в энергетике включают киберугрозы, устаревание оборудования, технологическую зависимость, кадровые трудности и ограниченные возможности интеграции новых решений. Их преодоление требует комплексного подхода, включающего модернизацию, разработку национальных стандартов и подготовку специалистов.

### **Методы исследования**

При автоматизации технологических процессов электростанций важно использовать комплекс методов исследования, охватывающих технические, организационные и экономические аспекты:

- теоретическое обоснование алгоритмов работы АСУТП;
- математическое и имитационное моделирование;
- экспериментальные исследования и испытания;
- технико-экономический анализ целесообразности внедрения автоматизации;
- экспертная оценка и анализ рисков.

При выполнении любого из приведенных методов исследования необходимо опираться на уже имеющийся опыт как на данной станции, так и на других электроэнергетических объектах.

### **Результаты исследования**

Основным видом деятельности Петропавловской ТЭЦ-2 является производство тепловой и электрической энергии. Установленная мощность станции на текущий момент составляет – 541 МВт электрической энергии и 713 Гкал/ч – тепловой. Станция состоит из следующих цехов: топливно-транспортного, котельного, турбинного, электрического, химического. Вспомогательные цехи: цех тепловой автоматики и

измерений, ремонтно-механический цех, кислородная станция, ремонтно-строительный участок. Станция работает параллельно с энергосистемой Республики Казахстан по ВЛ 220 кВ и ВЛ 110 кВ, имеются открытые распределительные устройства 35/110/220 кВ с трансформаторами связи. Передача электрической энергии происходит через транзитные сети Северо-Казахстанской распределительной энергетической компании и АО «KEGOC». Поставка осуществляется АО «Северо-Казахстанская Распределительная Электросетевая Компания» Петропавловскому отделению Южно-Уральской железной дороги, РГП «Казакстан Темиржолы» и прочим потребителям. [1]

Основная цель АСУТП – повышение эффективности, надежности и безопасности работы станции за счёт автоматизации процессов регулирования, контроля и диагностики.

Структурно АСУТП включает три уровня. Нижний уровень – датчики, исполнительные механизмы, контроллеры (PLC), осуществляющие сбор данных и выполнение управляющих воздействий. Средний уровень – системы сбора данных (SCADA) и локальные регуляторы, обеспечивающие визуализацию, обработку сигналов и реализацию алгоритмов регулирования. Верхний уровень – серверы, операторские станции, модули оптимизации и архивирования, где выполняется анализ параметров, прогнозирование и принятие решений.

Алгоритмы работы АСУТП электростанции базируются на принципах замкнутого управления с использованием обратной связи. Каждый технологический параметр (температура, давление, уровень, частота вращения турбины, мощность генератора) поддерживается в заданных пределах с помощью регуляторов П, ПИ или ПИД-типа.



Рисунок 1. Блок-диаграмма типового контура регулирования

В системах электростанций алгоритмы АСУТП также реализуют функции координированного управления – согласование режимов котельного и турбинного отделений, поддержание баланса между выработкой и нагрузкой, автоматическое регулирование частоты и напряжения (АРЧ и АРН).

Для повышения надежности применяются резервированные алгоритмы и самодиагностика контроллеров. В современных системах широко используются нейросетевые и адаптивные алгоритмы, позволяющие подстраиваться под изменение внешних условий и состояния оборудования.

Таким образом, теоретическая основа алгоритмов АСУТП электростанции – это принципы системного управления, теории автоматического регулирования и цифровой обработки сигналов, направленные на обеспечение устойчивого, безопасного и экономичного функционирования энергетического объекта.

Основными экономическими показателями эффективности АСУТП являются: снижение удельного расхода топлива, уменьшение простоев оборудования, сокращение эксплуатационных затрат и увеличение коэффициента использования установленной мощности. Экономический эффект от внедрения системы можно определить как разницу между приведенными затратами до и после автоматизации:

$$E = Q (C_1 - C_2) - Z,$$

где  $C_1$  – себестоимость единицы электроэнергии до внедрения АСУТП, тг/кВт·ч;

$C_2$  – себестоимость после внедрения;

$Q$  – годовой объем выработки электроэнергии, кВт·ч;

$Z$  – суммарные капитальные и эксплуатационные затраты на внедрение АСУТП, тг.

Для оценки срока окупаемости системы используется показатель:

$$T = Z / E.$$

Чем меньше значение  $T$ , тем выше экономическая эффективность проекта.

Одним из ключевых факторов снижения себестоимости является оптимизация режимов работы оборудования. Алгоритмы АСУТП обеспечивают поддержание параметров котлов, турбин и генераторов в оптимальных диапазонах, что минимизирует потери энергии и расход топлива. Например, алгоритмы прогнозирующего управления позволяют заранее корректировать режимы при изменении нагрузки, что снижает динамические потери топлива на 1-3%.

Дополнительный экономический эффект достигается за счет уменьшения простоев. Вероятность отказа оборудования при внедрении диагностических и предиктивных алгоритмов снижается на 10-15 %, что приводит к увеличению времени безотказной работы и росту производительности:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = P_1 (\Delta t / t),$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – мощности до и после внедрения АСУТП,

$t$  – общее время работы,

$\Delta t$  – дополнительное время безотказной работы.

Таким образом, внедрение интеллектуальных алгоритмов АСУТП способствует оптимальному использованию ресурсов, повышает надежность технологического оборудования и обеспечивает существенное снижение эксплуатационных затрат. Комплексная автоматизация позволяет достичь экономии до 5-10% годовых затрат на производство электроэнергии, что делает инвестиции в АСУТП экономически целесообразными и стратегически выгодными для энергетических предприятий.

Были проанализированы данные, представленные в различных зарубежных источниках, таких как: IEA (международное энергетическое агентство); McKinsey (международная консалтинговая компания, специализирующаяся на стратегическом управлении, цифровой трансформации и операционной эффективности), ZVEI (союз электротехнической промышленности в Германии), Emerson/ABB (транснациональная корпорация, производитель и поставщик промышленных, инженерных и технологических решений). Согласно данных обзоров можно сделать следующие выводы:

- цифровая трансформация и АСУТП даёт значительный потенциал повышения экономической эффективности в 20-30%;
- автоматизация и «умное» управление процессами в промышленности дают 10-25% дополнительной экономии энергии в ряде кейсов;
- применение цифровых «двойников» и алгоритмов оптимизации позволяет снижать потери теплового КПД и экономить топливо;
- предиктивное обслуживание регулярно демонстрирует существенное сокращение неплановых простоев на 20-50%;
- за счёт экономии топлива и оптимизации вспомогательного потребления возможно умеренное сокращение выбросов CO<sub>2</sub>.

### Заключение

Предварительный беглый анализ возможности расширения аппаратного и программного обеспечения автоматизированной системы управления технологическими процессами на базе Петропавловской ТЭЦ показывает, что усовершенствования в данном направлении должны благополучно сказаться не только на качестве и надежности работы тепловой и электрической части электростанции, но и должно положительно сказаться на экономических показателях предприятия.

В ходе дальнейших исследований, запланированных в рамках магистерской диссертации, планируется более детальная проработка предлагаемых методов исследования с предложением конкретных шагов для более полной автоматизации процессов станции на базе современного оборудования и программных решений.

### Литература:

1. <https://www.sevkazenergo.kz/ru/divisions/petropavlovskaya-tecz-2.html> – Петропавловская ТЭЦ-2.
2. Меламед А.Д. Опыт и проблемы разработки и внедрения АСУТП ПГУ на электростанциях России и Белоруссии // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2015. – № 6(92). – С. 94-99.
3. Ахмедов Н.Ш. Принципы построения и реализация проекта ПТК АСУТП Белгородской ТЭЦ // Автоматизация в промышленности. – 2008. – № 8. – С. 24-26.
4. Арапов В.А., Галиуллин Р.З., Гильфанов К.Х. АСУТП газотурбинного блока 50 МВт Казанской ТЭЦ-1 // Энергетика Татарстана. – 2009. – № 3(15). – С. 39-43.
5. Савицкий Ю.В. АСУТП ТЭЦ сахарного завода им. Алиева в Азербайджане // Автоматизация в промышленности. – 2008. – № 2. – С. 35-36.

**References:**

1. <https://www.sevkazenergo.kz/ru/divisions/petropavlovskaya-tecz-2.html> – Petropavlovskaya TEC-2.
2. Melamed A.D. Opyt i problemy razrabotki i vnedreniya ASUTP PGU na elektronstanciyax Rossii i Belorussii // Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki. – 2015. – № 6(92). – S. 94-99.
3. Axmedov N.Sh. Principy postroeniya i realizaciya proekta PTK ASUTP Belgorodskoj TEC // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2008. – № 8. – S. 24-26.
4. Arapov V.A., Galiullin R.Z., Gil'fanov K.X. ASUTP gazoturbinnogo bloka 50 MVt Kazanskoj TE'Cz-1 // Energetika Tatarstana. – 2009. – № 3(15). – S. 39-43.
5. Savitsky, Yu.V. ASUTP TE'Cz saxarnogo zavoda im. Alieva v Azerbajdzhan // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2008. – № 2. – S. 35-36.

**Information about the authors:**

**Latypov S.I.** – corresponding author, Associate Professor of the Department of Energetic and radioelectronics, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petrolpavlovsk, Kazakhstan; e-mail: [silatypov@ku.edu.kz](mailto:silatypov@ku.edu.kz);

**Karpov P.V.** – master's student, Department of Energetic and radioelectronics, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petrolpavlovsk, Kazakhstan; e-mail: [24pashok@mail.ru](mailto:24pashok@mail.ru);

**Zykova N.V.** – Senior lecturer of the Department of Energetic and radioelectronics, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petrolpavlovsk, Kazakhstan; e-mail: [nvzykova@ku.edu.kz](mailto:nvzykova@ku.edu.kz);

**Dariy E.M.** – Senior lecturer of the Department of Energetic and radioelectronics, Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petrolpavlovsk, Kazakhstan; e-mail: [emdarij@ku.edu.kz](mailto:emdarij@ku.edu.kz).