

Залялова Лилия Рифовна
Студент,
кафедра физики перспективных
технологий и материаловедения,
Казанский Федеральный
(Приволжский) Университет

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ВЕРИФИКАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ**

Аннотация: В статье рассматривается проблема обеспечения надежности автоматизированных тепловых пунктов (АТП). Предложен подход к созданию системы мониторинга, основанной на сравнении фактических параметров с расчетными значениями электронной модели в ZuluThermo. Разработан алгоритм двуступенчатой верификации данных, автоматически выявляющий и подтверждающий отклонения режимов работы.

Ключевые слова: автоматизированный тепловой пункт, мониторинг, верификация данных, ZuluThermo, двуступенчатая верификация, Python, Django.

Zalyalova Liliya Rifovna
Student, Department of Physics
of Advanced Technologies and Materials Science,
Kazan Federal (Volga Region) University

DATA MONITORING AND VERIFICATION SYSTEM FOR ENSURING RELIABLE OPERATION OF AUTOMATED HEATING POINTS

Abstract: *The article discusses the problem of ensuring the reliability of automated heating points (AHP). An approach to creating a monitoring system is proposed, based on comparing actual parameters with calculated values of an electronic model in ZuluThermo. A two-stage data verification algorithm has been developed that automatically detects and confirms deviations in operating modes.*

Keywords: *automated heating point, monitoring, data verification, ZuluThermo, two-stage verification, Python, Django.*

Современные автоматизированные тепловые пункты (АТП) позволяют автоматически регулировать параметры теплоносителя для каждого объекта, обеспечивая энергоэффективность и комфорт потребителей. Однако АТП представляют собой сложные инженерно-технические системы, надежность работы которых напрямую зависит от качества поступающих данных с контрольно-измерительных приборов [1,3].

Существующие системы мониторинга, как правило, ориентированы на визуальный анализ данных диспетчером. При увеличении количества контролируемых объектов и параметров такой подход становится неэффективным: визуально невозможно количественно оценить степень отклонения параметров и объективно судить о состоянии системы

Предложенная система основана на создании двух баз данных: эталонных данных из электронной модели тепловой сети и реальных данных с АТП. Сравнение этих данных позволяет автоматически выявлять отклонения в работе оборудования.

В качестве инструмента для создания электронной модели выбран программный комплекс ZuluThermo от компании ООО «Политерм». Данное

решение позволяет выполнять теплогидравлические расчеты тепловых сетей при различных значениях температуры наружного воздуха [5].

Схематичная модель тепловой сети включает источник (ТЭЦ), подающий и обратный трубопроводы, а также три потребителя — исследуемые тепловые пункты. На основе паспортных данных объектов и температурного графика были выполнены тепловой и гидравлический расчеты.

Результаты моделирования показали, что выработка тепловой энергии источником составляет 0,334 Гкал/ч, при этом на систему отопления передается 0,306 Гкал/ч. Для каждого значения температуры наружного воздуха были получены расчетные параметры: температура и давление в подающем и обратном трубопроводах, тепловая нагрузка.

Для системы верификации использовался двуступенчатый алгоритм проверки [2,3].

Первая ступень - вычисление абсолютного и относительного отклонения для каждого из пяти контролируемых параметров по формулам:

$$\Delta P = |P_{\text{факт}} - P_{\text{расч}}|, \delta P = \left| \frac{P_{\text{факт}} - P_{\text{расч}}}{P_{\text{расч}}} \right| \cdot 100\%,$$

где P – соответствующий параметр (температура подачи, температура обратки, давление подачи, давление обратки, нагрузка).

На основе относительного отклонения δP определяется статус:

- Норма – $\delta P < 5\%$;
- Предупреждение – $5\% \leq \delta P \leq 10\%$;
- Тревога – $\delta P > 10\%$.

Вторая ступень - проверка устойчивости отклонения. Так как единичные скачки могут быть вызваны переходными процессами или погрешностью измерений, фиксация аварийного события производится только если отклонение $>10\%$ наблюдается не менее чем в 50% последних 7 часовых

циклов контроля (т.е. в 4 из 7 измерений). При нарушении непрерывности счётчик обнуляется. Данный подход позволяет снизить частоту ложных срабатываний, что подтверждено в ходе тестирования.

Архитектура ИСМВ построена по клиент-серверному принципу. Серверная часть реализована на языке Python с использованием веб-фреймворка Django (версия 4.2). В качестве СУБД выбрана PostgreSQL. Для обработки табличных данных применялись библиотеки Pandas и Openpyxl. Развёртывание выполнено в изолированных контейнерах Docker, что обеспечивает переносимость и безопасность [5].

Тестирование проводилось на архивных данных за март 2026 г. (744 измерения для каждого объекта). В ходе анализа были выявлены следующие сценарии:

1. Штатный режим – для АТП №126 отклонения по всем параметрам не превышали 6% в 98% измерений. Система классифицировала состояние как «Норма». Единичные скачки (до 12%) не привели к аварийному статусу, так как не прошли вторую ступень (критерий 4 из 7).

2. Аварийный режим – для АТП №156 31 марта 2026 г. зафиксировано резкое снижение температуры в обратном трубопроводе с 44 °С до 27 °С, что соответствует относительному отклонению 40% от расчётного значения. Отклонение сохранялось в течение 5 последовательных часов, что привело к срабатыванию второй ступени и присвоению статуса «Авария». На Рисунке 1 показан график работы системы. Визуализация позволила диспетчеру оперативно идентифицировать проблему (вероятно, засорение теплообменника или отказ клапана).

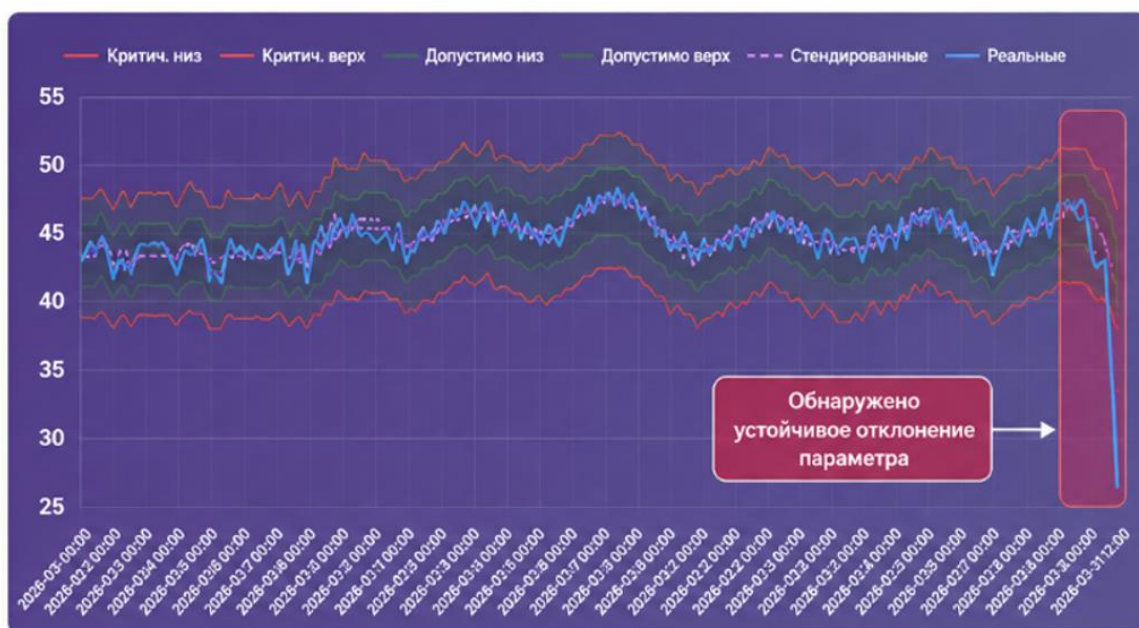


Рисунок 1. График работы системы

Ложный срабатывания не зафиксированы – ни одно кратковременное превышение порога 10% не было ошибочно квалифицировано как авария, что подтверждает эффективность двуступенчатой процедуры.

Полученные результаты свидетельствуют, что ИСМВ обеспечивает автоматическое обнаружение устойчивых отклонений с высокой достоверностью, снижая нагрузку на персонал и ускоряя реакцию на нештатные ситуации.

В работе предложена и реализована интегрированная система мониторинга и верификации данных для автоматизированных тепловых пунктов, отличающаяся от известных решений:

Экспериментальная проверка на реальных данных трёх АТП подтвердила работоспособность системы и её способность выявлять устойчивые отклонения параметров. Экономические расчёты показывают, что внедрение системы целесообразно даже для небольшого числа объектов, а при масштабировании эффект возрастает.

Дальнейшее развитие системы предполагает интеграцию методов машинного обучения для прогнозирования отклонений и создания

«виртуальных датчиков», что позволит перейти от реактивной к предиктивной аналитике.

Список использованной литературы:

1. Pakanen J., Kuusmin J., Ahonen M. Fault diagnosis methods for district heating substations. – Espoo: VTT, 1996. – 70 p.
2. Губкин В.Е. Верификация теплового баланса // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – С. 206–210.
3. Losi E., Manservigi L., Venturini M. Data-driven approach for the detection of faults in district heating networks // Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2024. – DOI: 10.1016/j.segan.2024.101345.
4. Shengtao Y. Leakage Diagnosis Technologies for Heating Pipe Networks: A Comprehensive Review // Energy Reports. – 2023. – Vol. 9. – P. 4885–4899.
5. Косяков С.В., Садыков А.М., Сенников В.В. Повышение эффективности эксплуатации систем централизованного теплоснабжения на основе применения информационной системы мониторинга тепловых сетей // Вестник ИГЭУ. – 2018. – № 3. – С. 57–66.
6. Beckenbauer D., Ehrenwirth M., Cheng V. Validation of a District Heating System Model and Simulation-Based Investigation of Bidirectional Heat Transport // Proceedings of SHC International Conference. – 2017. – P. 1–12.