

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра системного программирования

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Рецензент:
доцент кафедры летательных
аппаратов «ЮУрГУ», к.т.н.
А.В. Ерпалов

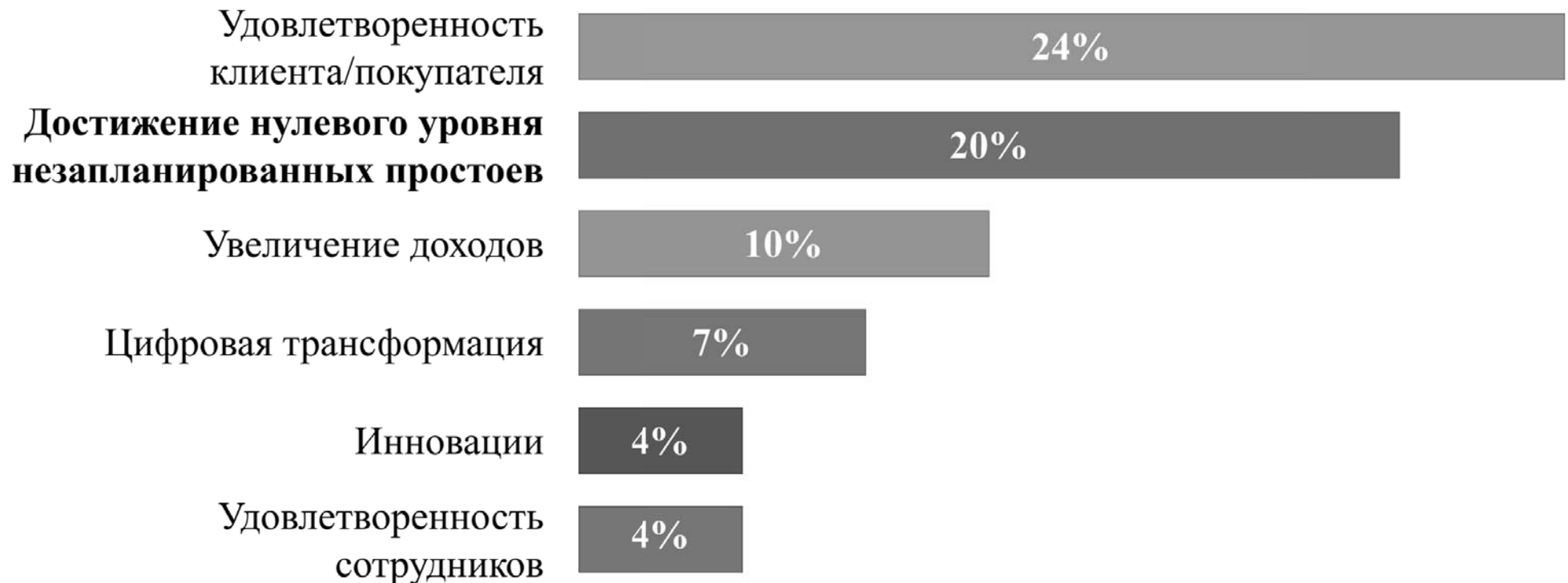
Научный руководитель:
доцент кафедры СП, к.ф.-м.н.
С.У. Турлакова

Автор:
студент группы КЭ-228
Д.К. Лебедев

Челябинск, 2024

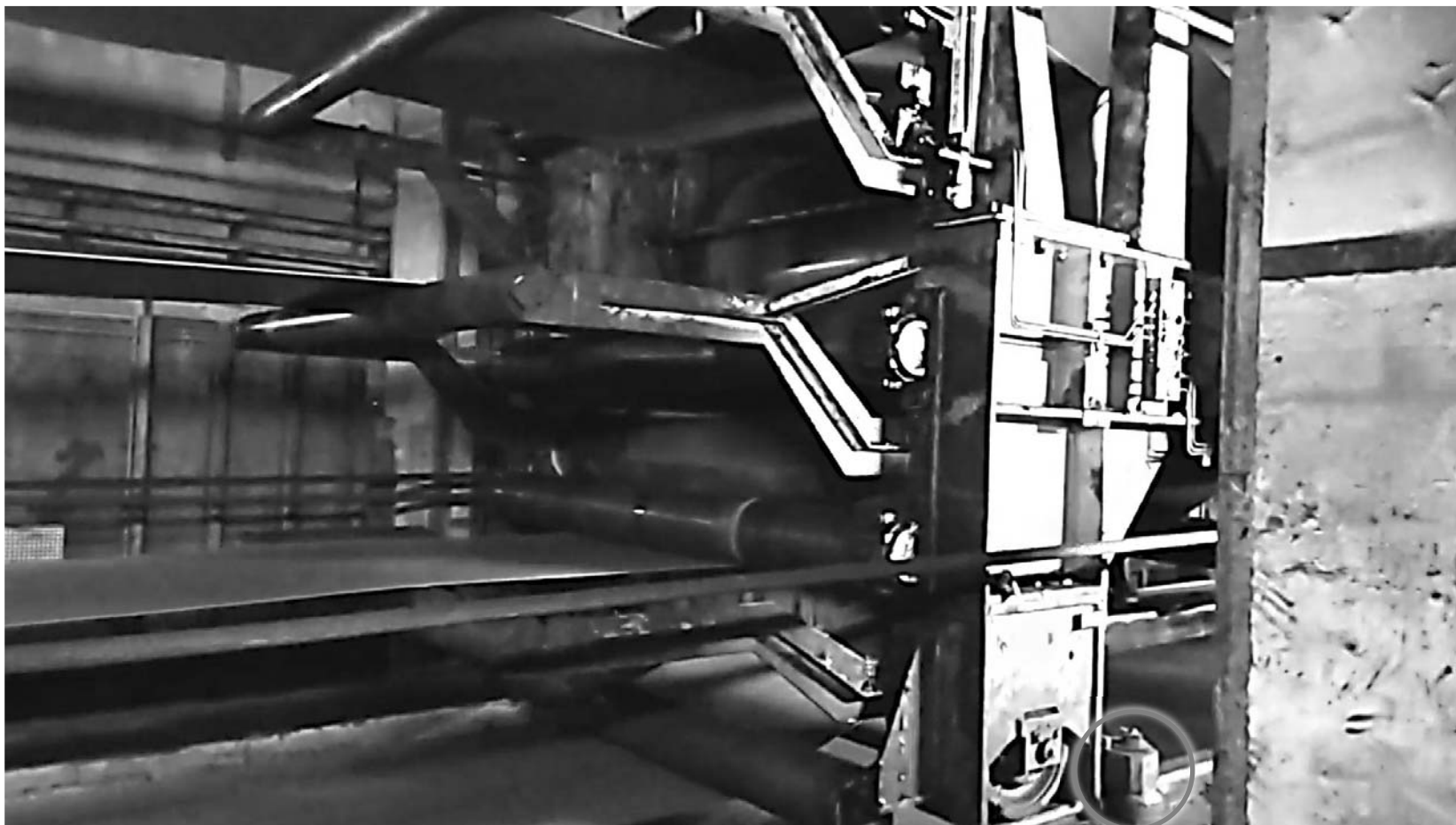
АКТУАЛЬНОСТЬ

Процент предприятий, определивших соответствующее направление приоритетным*



*After the Fall: The Costs, Causes & Consequences of Unplanned Downtime.
<https://www.techinnews.com/fall-costs-causes-consequences-unplanned-downtime>

ПЕТЛЕНАКОПИТЕЛЬ ЛИНИИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ



МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ

Сигналы

	Вибрация	Температура
Чувствительность	Высокая	Низкая
Стадия обнаружения дефекта	Ранняя	Поздняя
Стоимость	Высокая	Низкая
Устойчивость к шуму	Низкая	Высокая

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель:

Разработка системы диагностики состояния технологического оборудования на основе интеллектуальной обработки многомерных временных рядов.

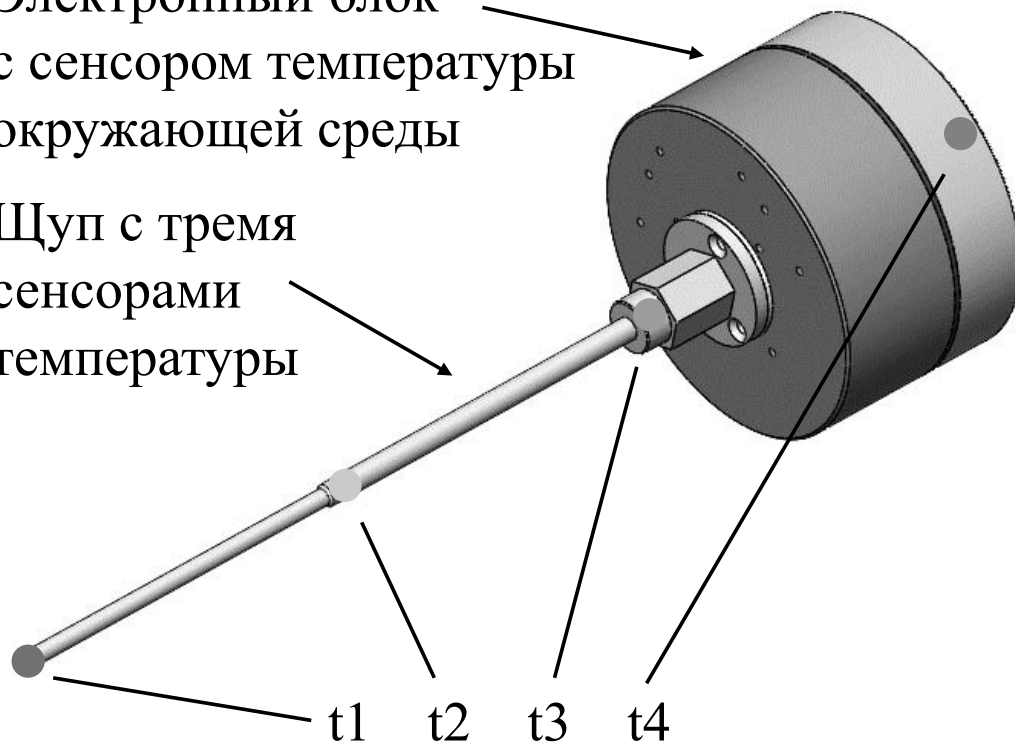
Задачи:

1. Провести обзор методов диагностики состояния подшипников технологического оборудования.
2. Разработать метод интеллектуальной обработки сигналов с датчика температуры для диагностики состояния подшипников.
3. Реализовать систему диагностики состояния подшипников технологического оборудования на основе разработанного метода.

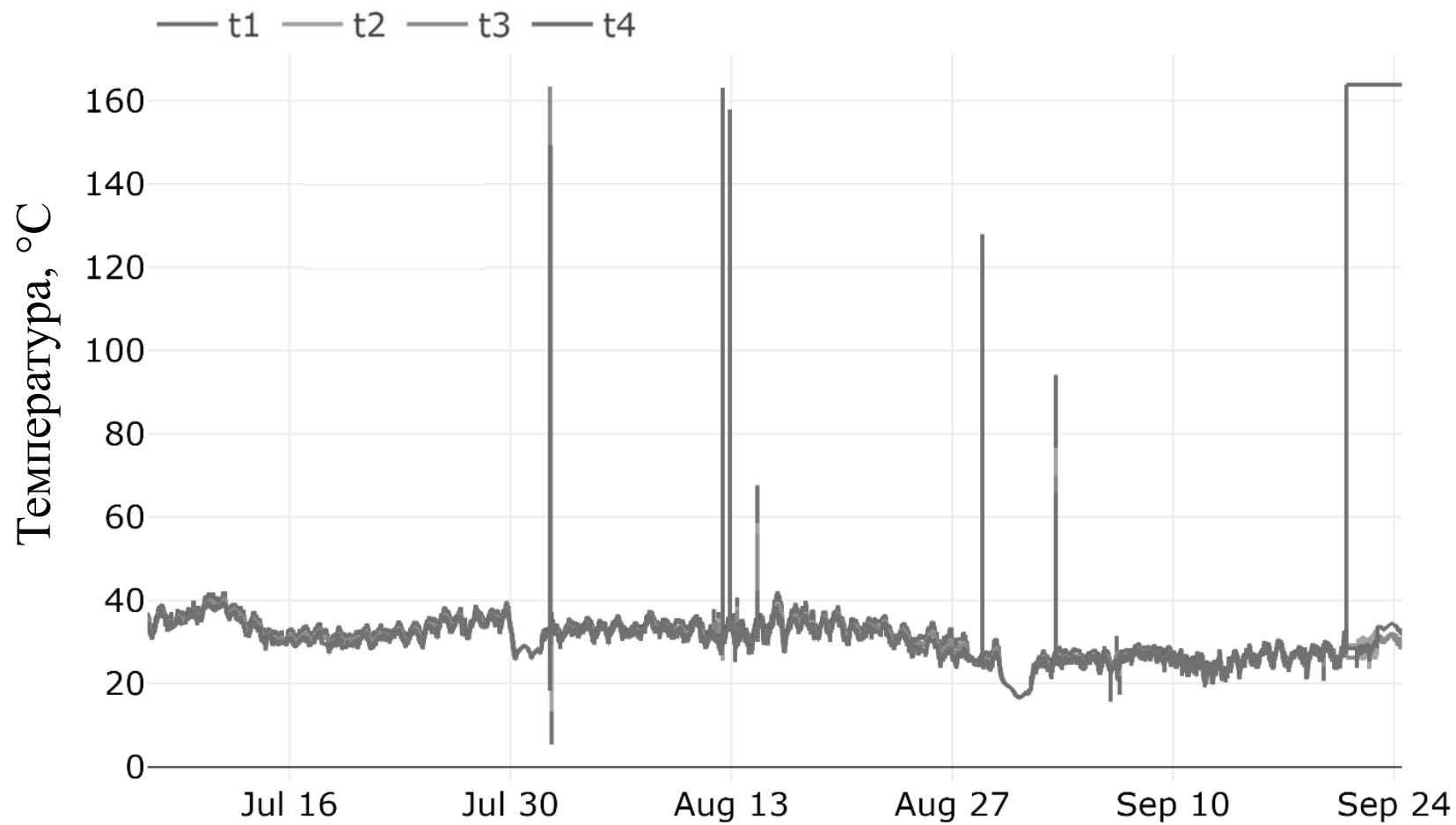
МУЛЬТИСЕНСОРНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ

Электронный блок
с сенсором температуры
окружающей среды

Щуп с тремя
сенсорами
температуры

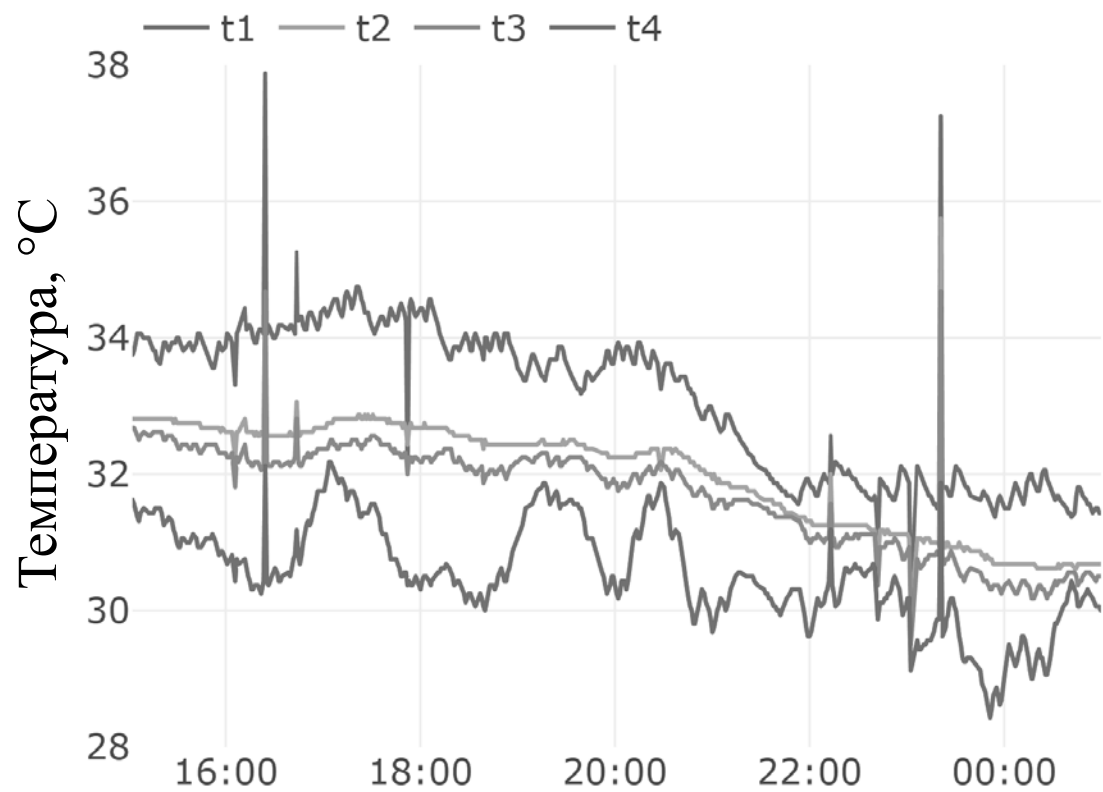


СИГНАЛЫ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

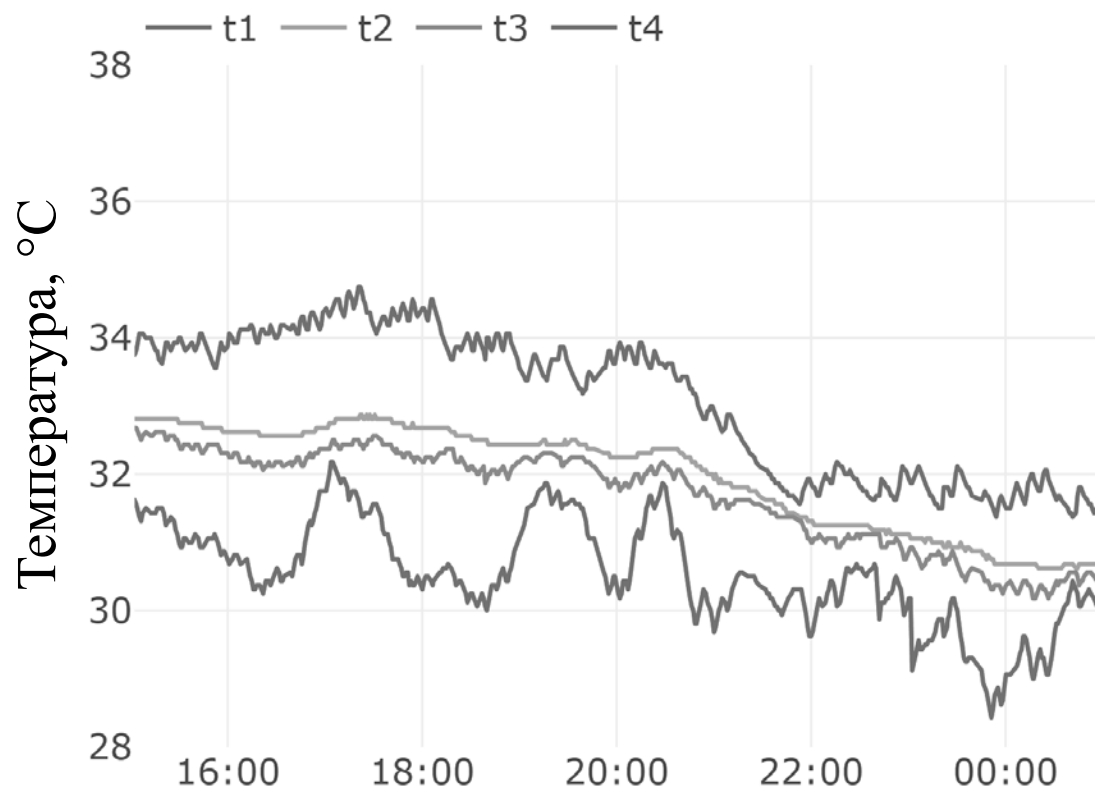


ФИЛЬТРАЦИЯ ВЫБРОСОВ

До фильтрации



После фильтрации



МОДЕЛЬ НОРМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ



* Zhang A., Zhao X., Wang L. CNN and LSTM based Encoder-Decoder for Anomaly Detection in Multivariate Time Series. // In Proceedings of the 2021 IEEE 5th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Xi'an, China, October 15–17, 2021. IEEE, 2021. – С. 571–575.

СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ

Язык программирования: Python

Среда разработки: Jupyter Lab

Основные библиотеки:

- Keras 2.10.0
- Scikit-learn 1.4.1
- SQLAlchemy 2.0.28

Аппаратная часть:

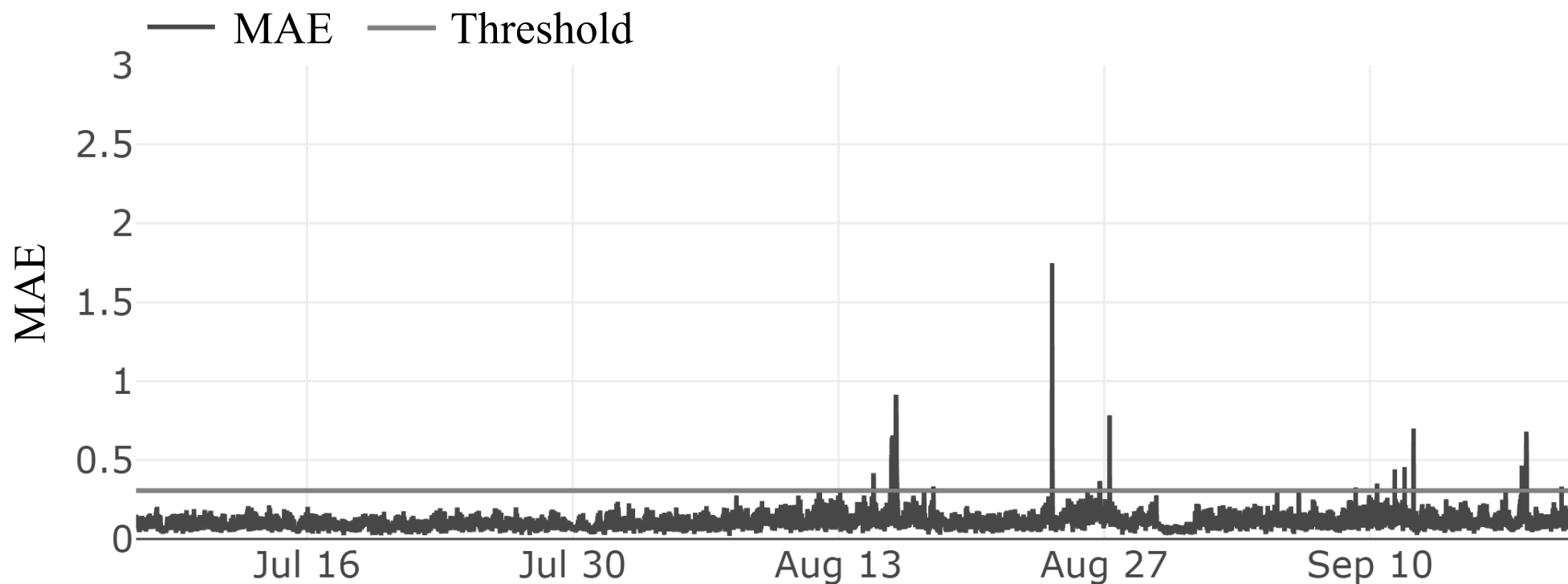
- NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti 11GB



ОШИБКА РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОКОДИРОВЩИКА

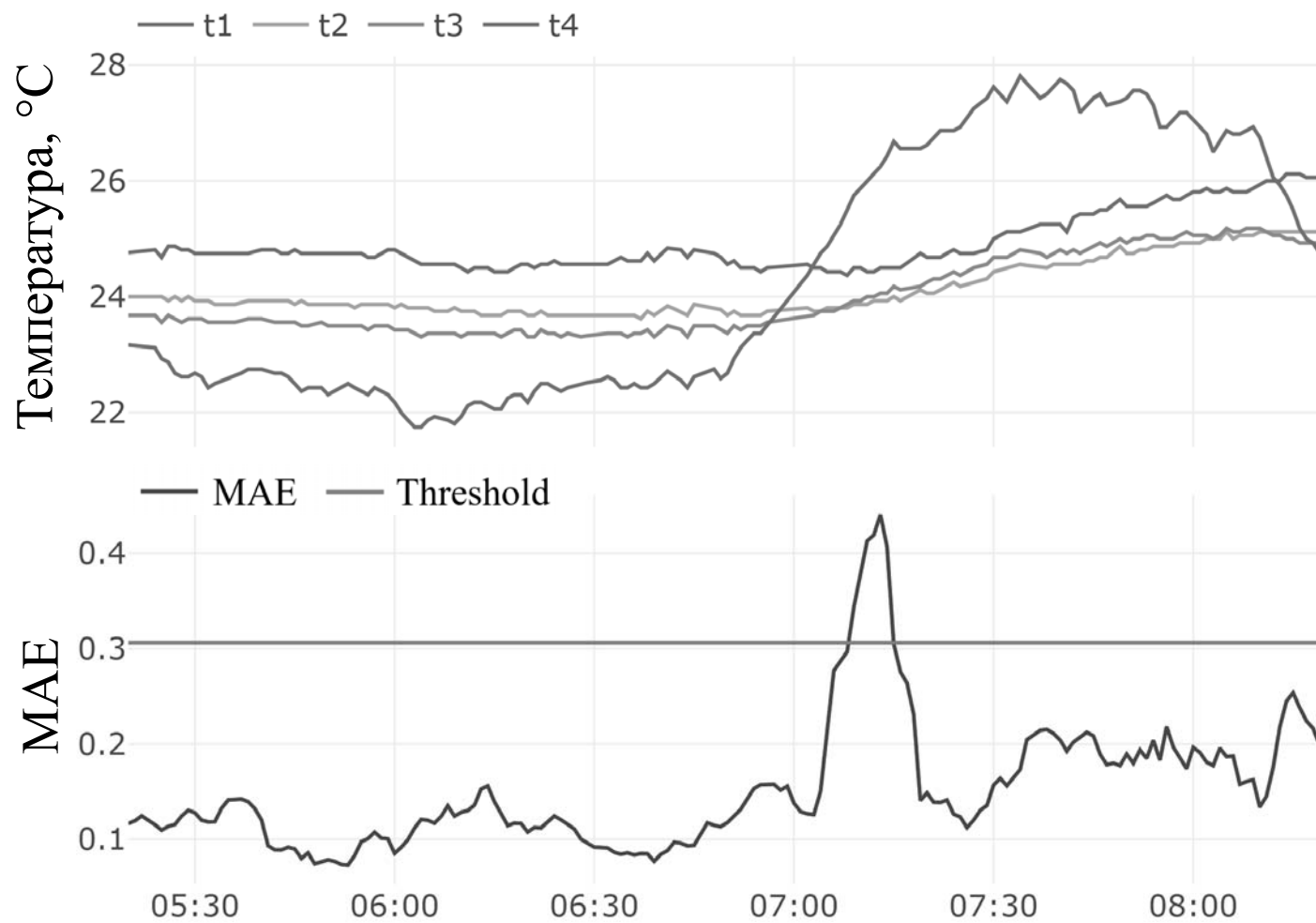
$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \hat{x}_i|$$

$$Threshold = mean(MAE) + 5 \cdot std(MAE)^*$$

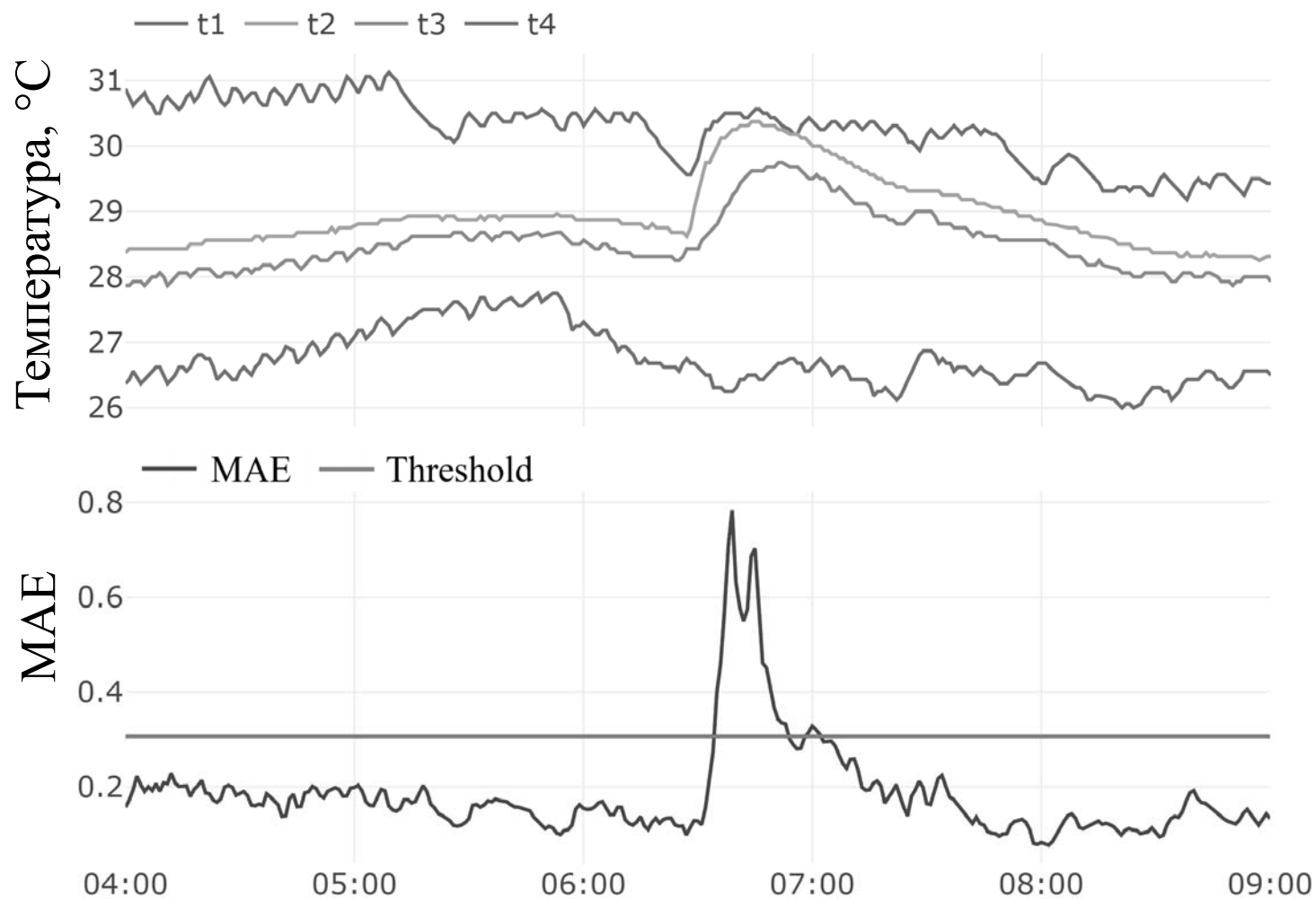


* Why do physicists mention «five sigma» in their results?
<https://home.cern/resources/faqs/five-sigma>

РЕАКЦИЯ МОДЕЛИ НА ПРОКАТ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

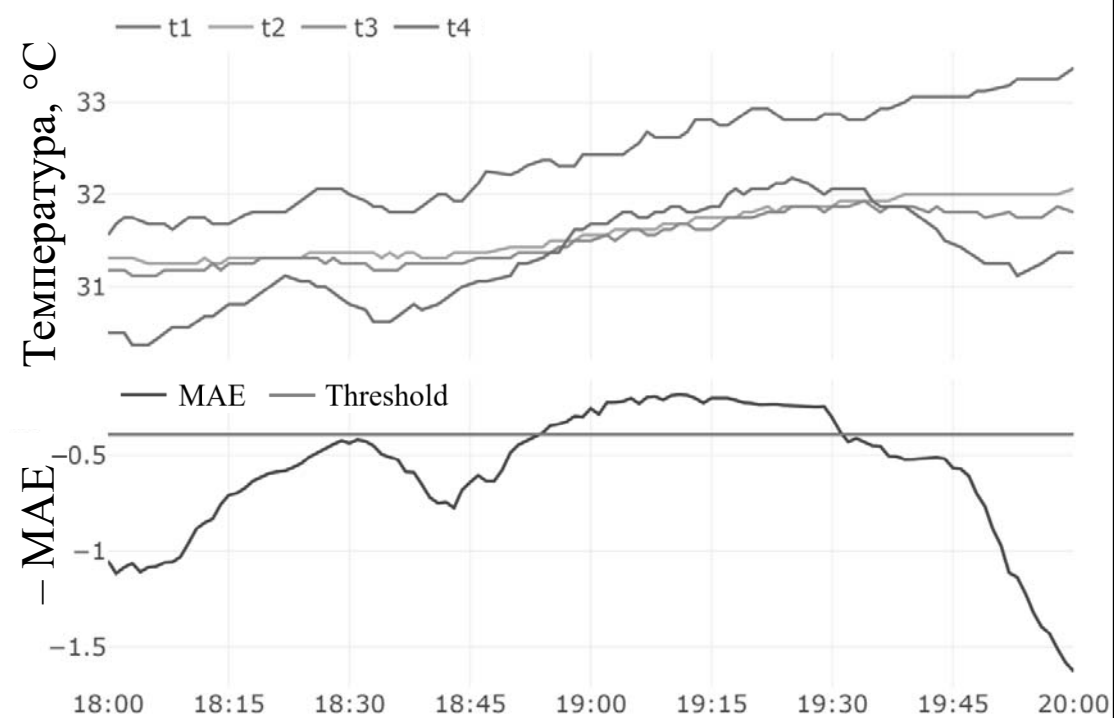


РЕАКЦИЯ МОДЕЛИ НА ЗАКЛИНИВАНИЕ ПОДШИПНИКА

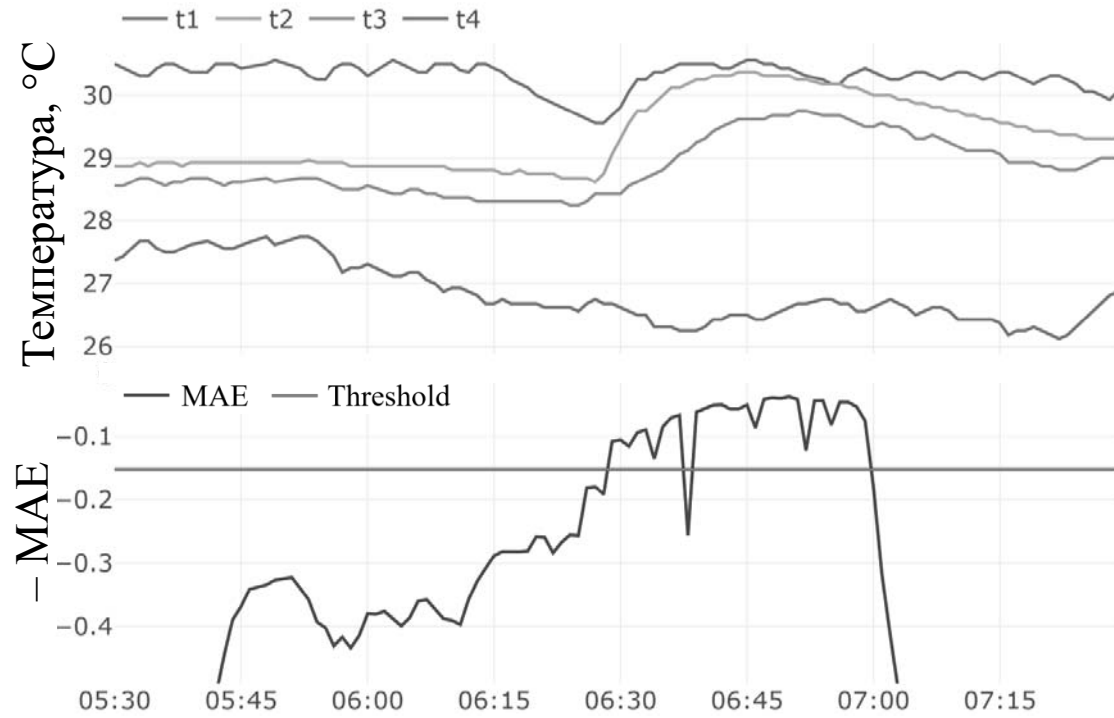


РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

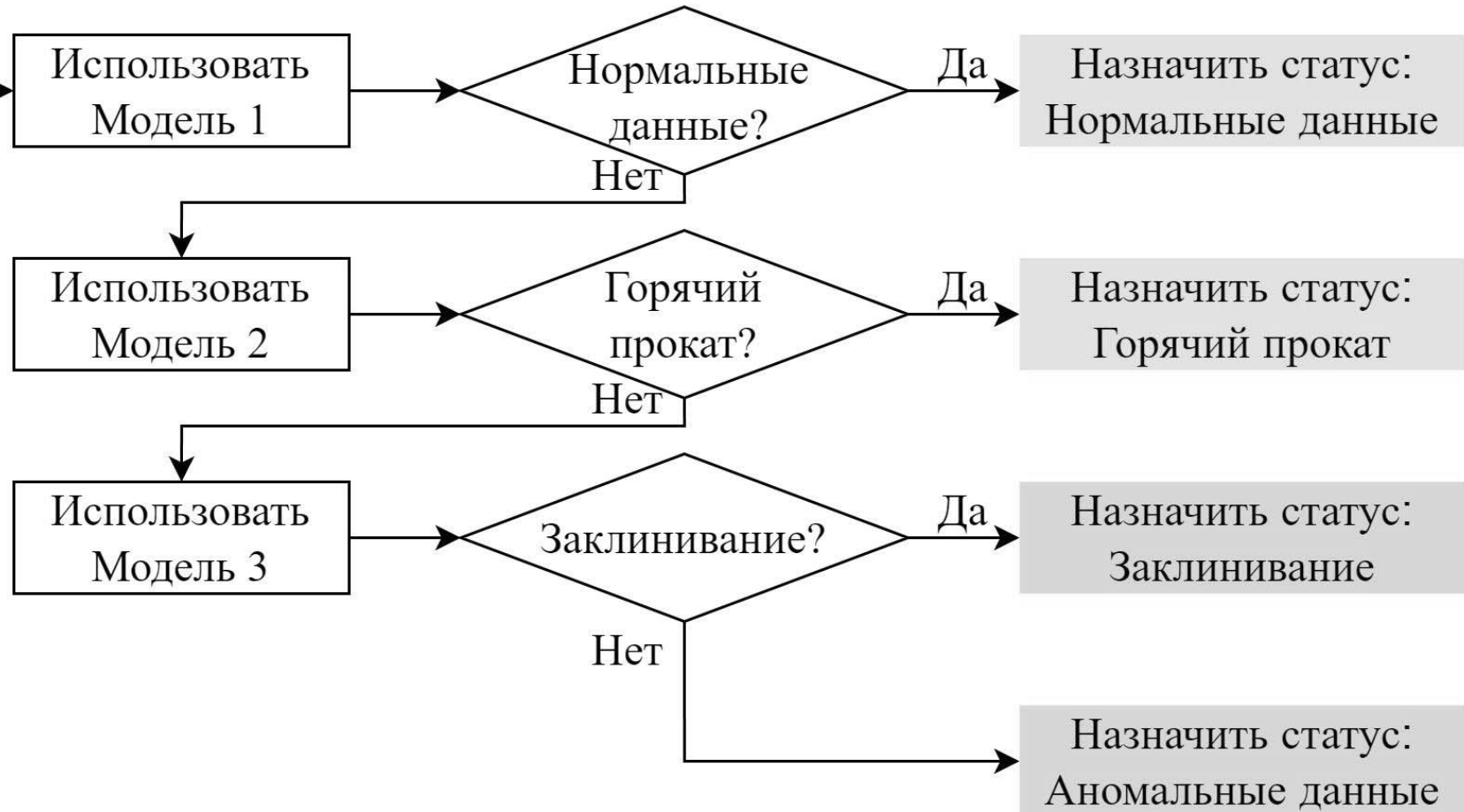
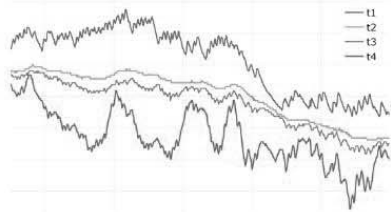
«Горячий прокат»



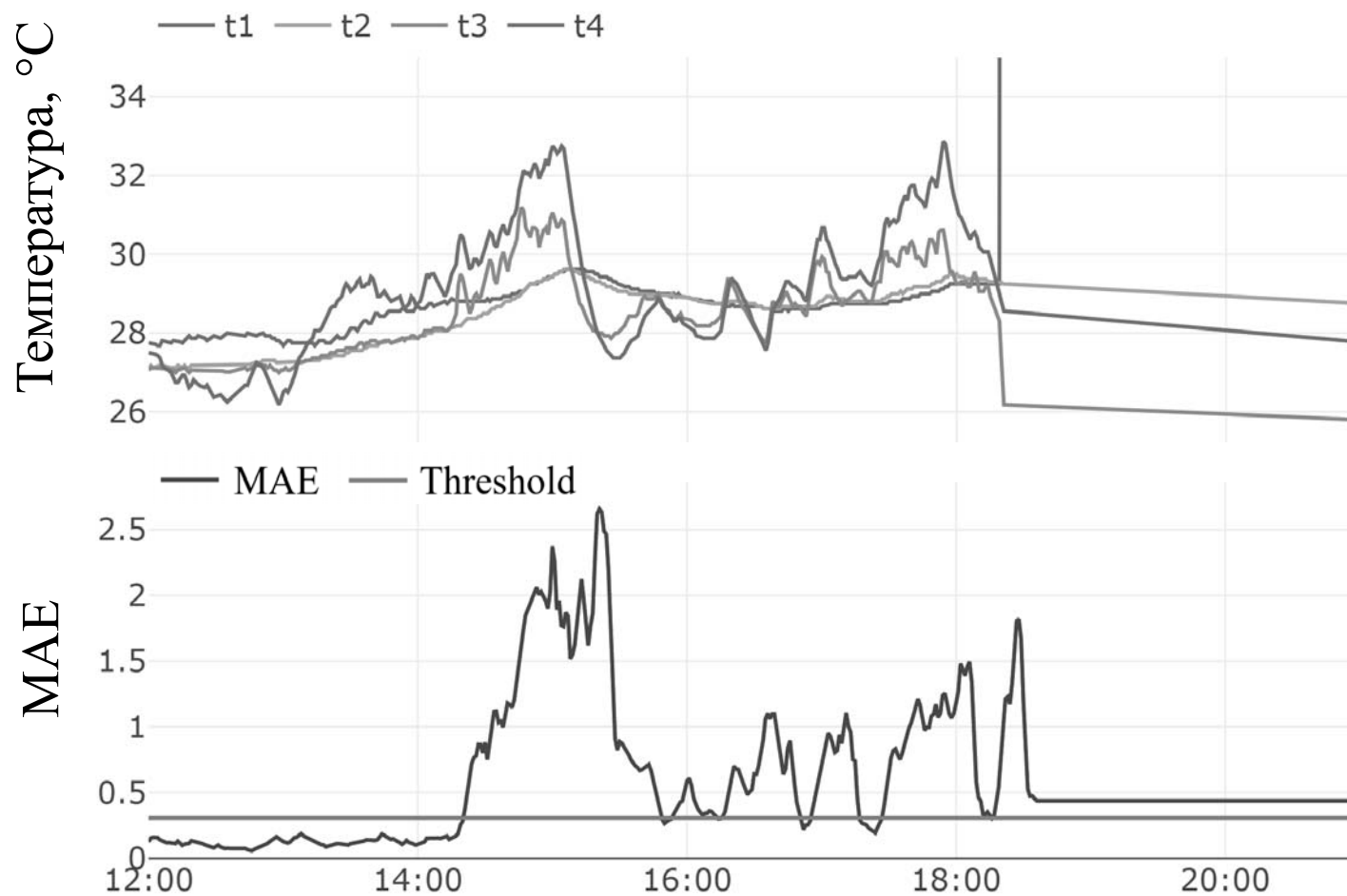
«Заклинивание»



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТУСА ДАННЫХ



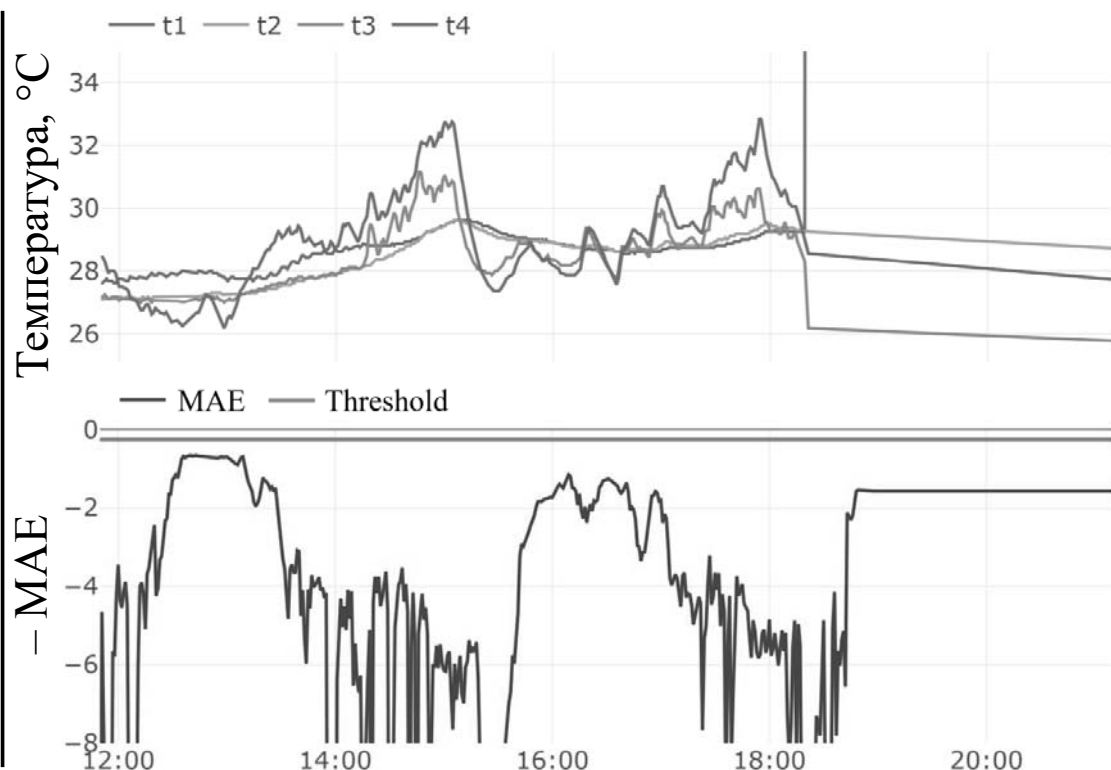
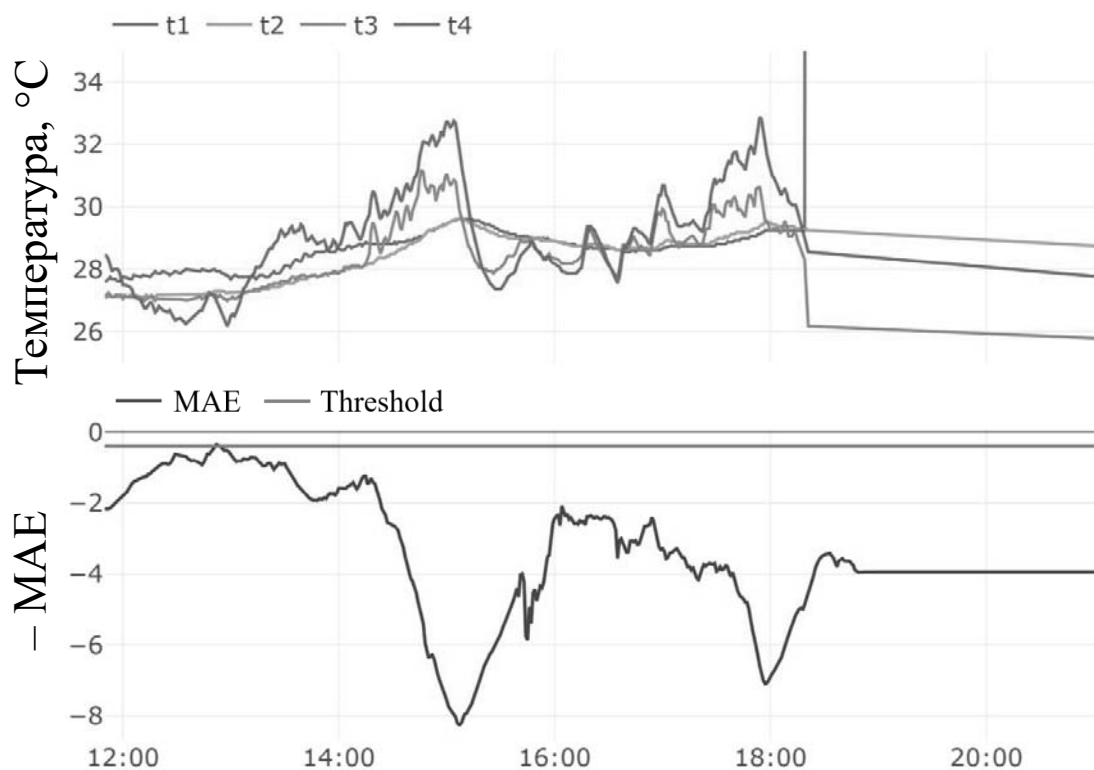
РЕАКЦИЯ ОСНОВНОЙ МОДЕЛИ В СЛУЧАЕ РАЗВИТИЯ НЕИСПРАВНОСТИ



РЕАКЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В СЛУЧАЕ РАЗВИТИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

«Горячий прокат»

«Заклинивание»



СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ

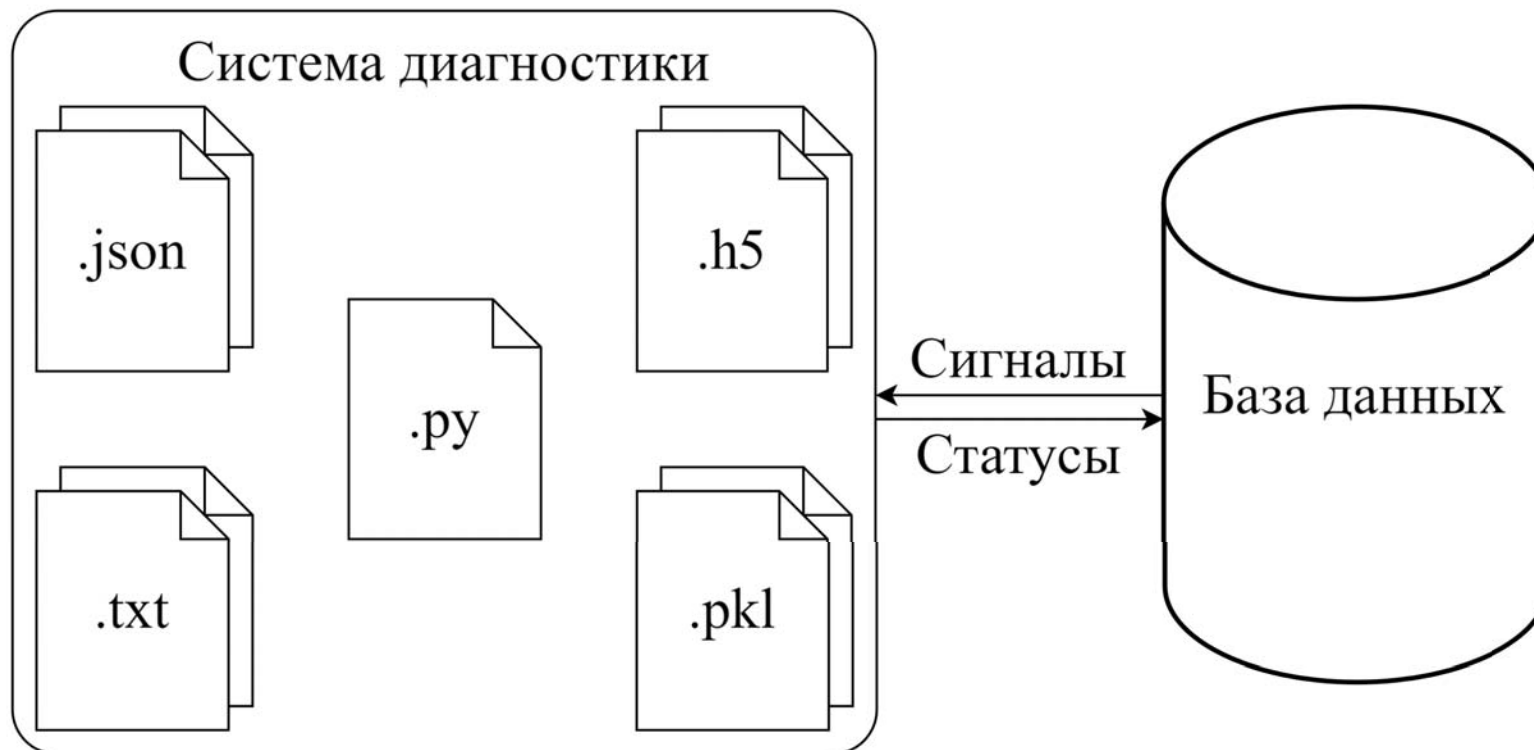
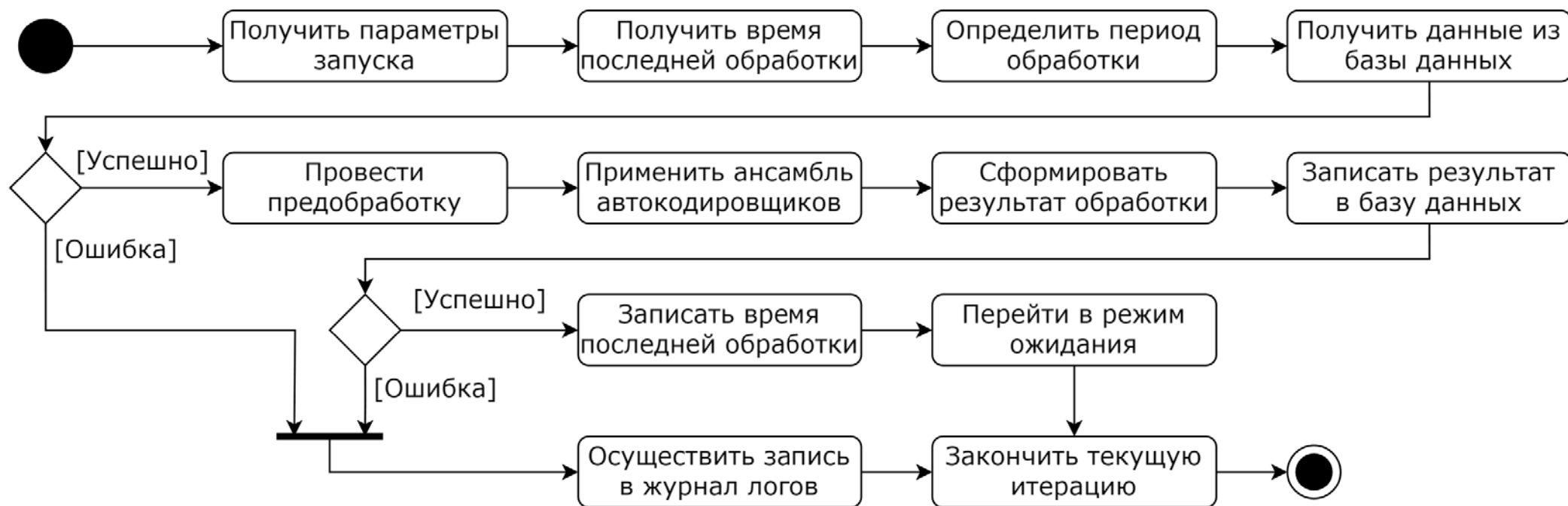


ДИАГРАММА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ИТЕРАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ



ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

- ✓ Проблемы во время взаимодействия с базой данных
- ✓ Отсутствие данных для обработки
- ✓ Отсутствие компонентов системы
- ✓ Возникновение непредвиденных ошибок

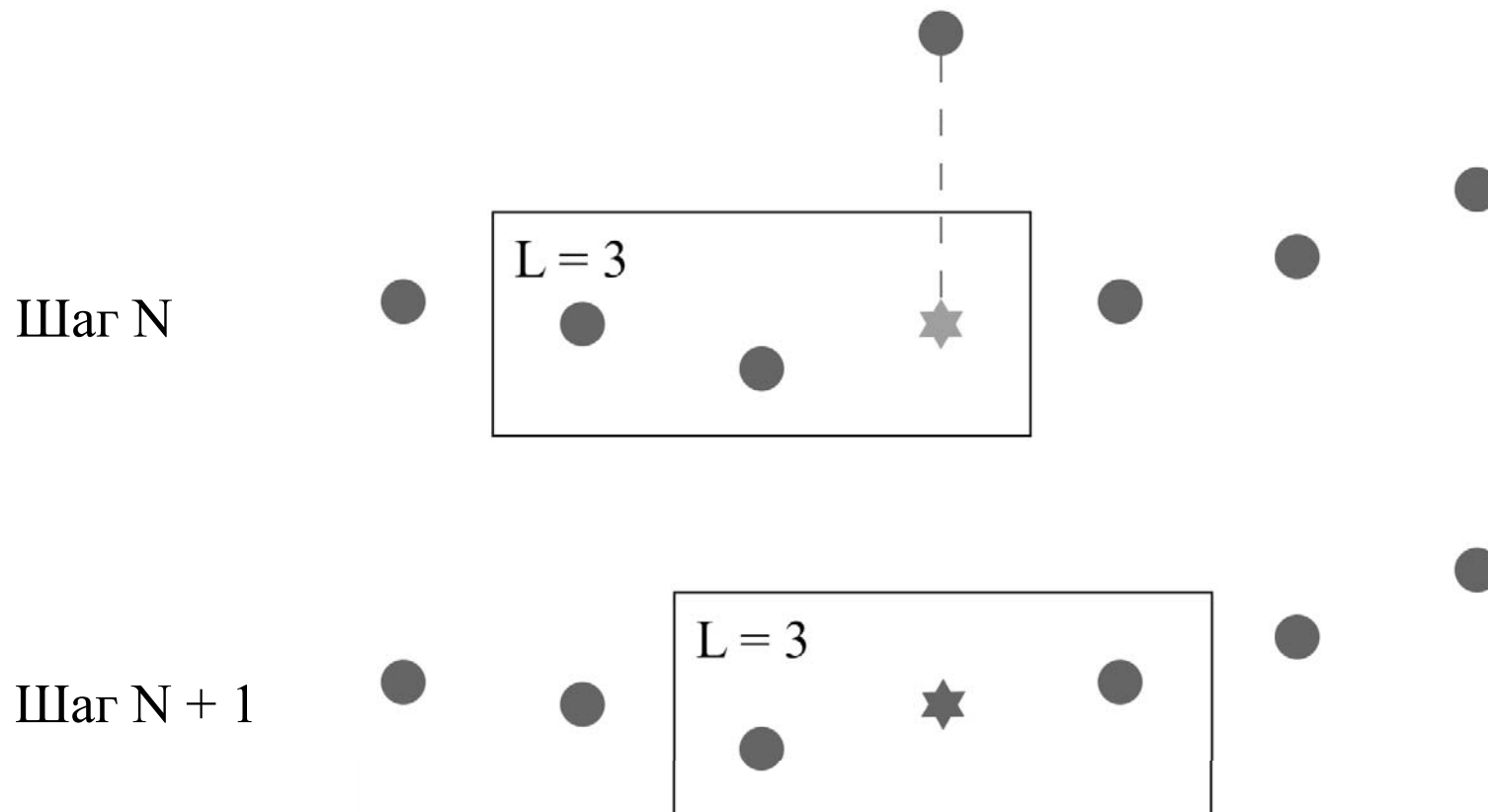
ПУБЛИКАЦИЯ

Shestakov A.L., Lebedev D.K., Sinitsin V.V., Fedosov I.I., Ibryaeva O.L.
Intelligent multi-zone temperature sensors data processing for rolling
bearings diagnosis // Proceedings of XXXIV ISS "ММА 2024", Sozopol,
Bulgaria, September 7–11, 2024,.

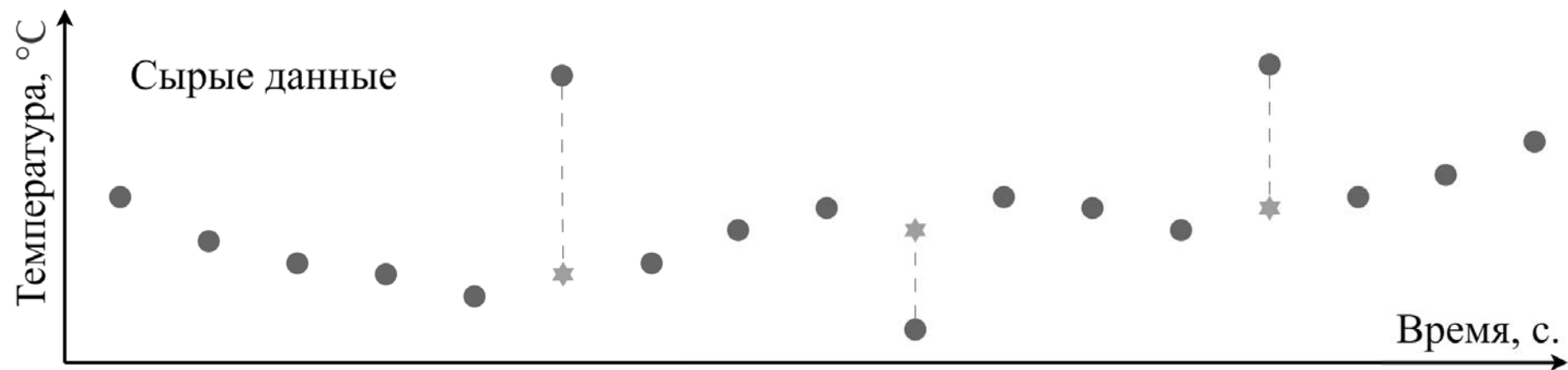
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведен обзор методов диагностики состояния подшипников технологического оборудования.
2. Разработан метод интеллектуальной обработки сигналов с датчика температуры для диагностики состояния подшипников.
3. Реализована система диагностики состояния подшипников технологического оборудования на основе разработанного метода.

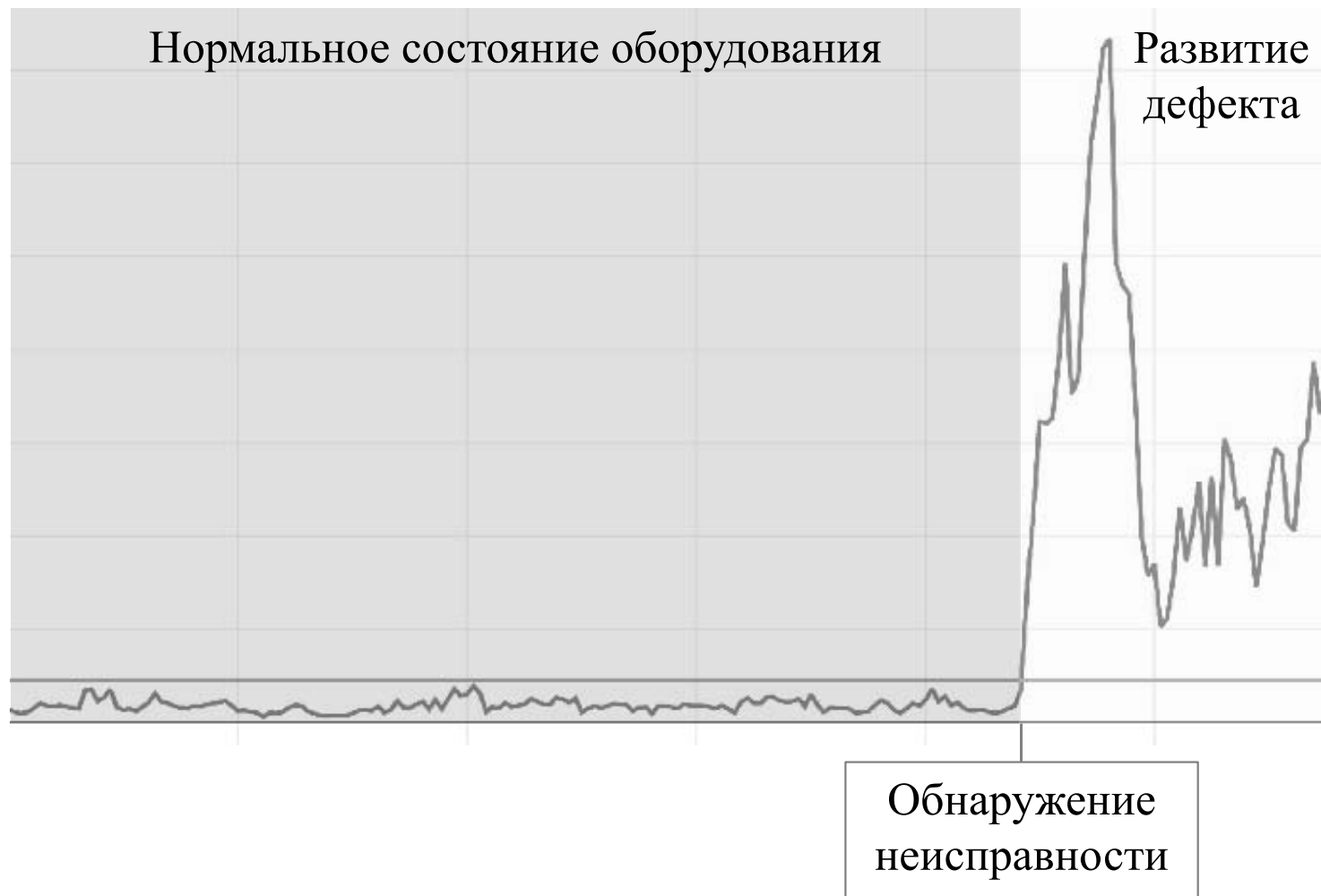
МЕДИАННЫЙ ФИЛЬТР С АДАПТИВНЫМ ПОРОГОМ



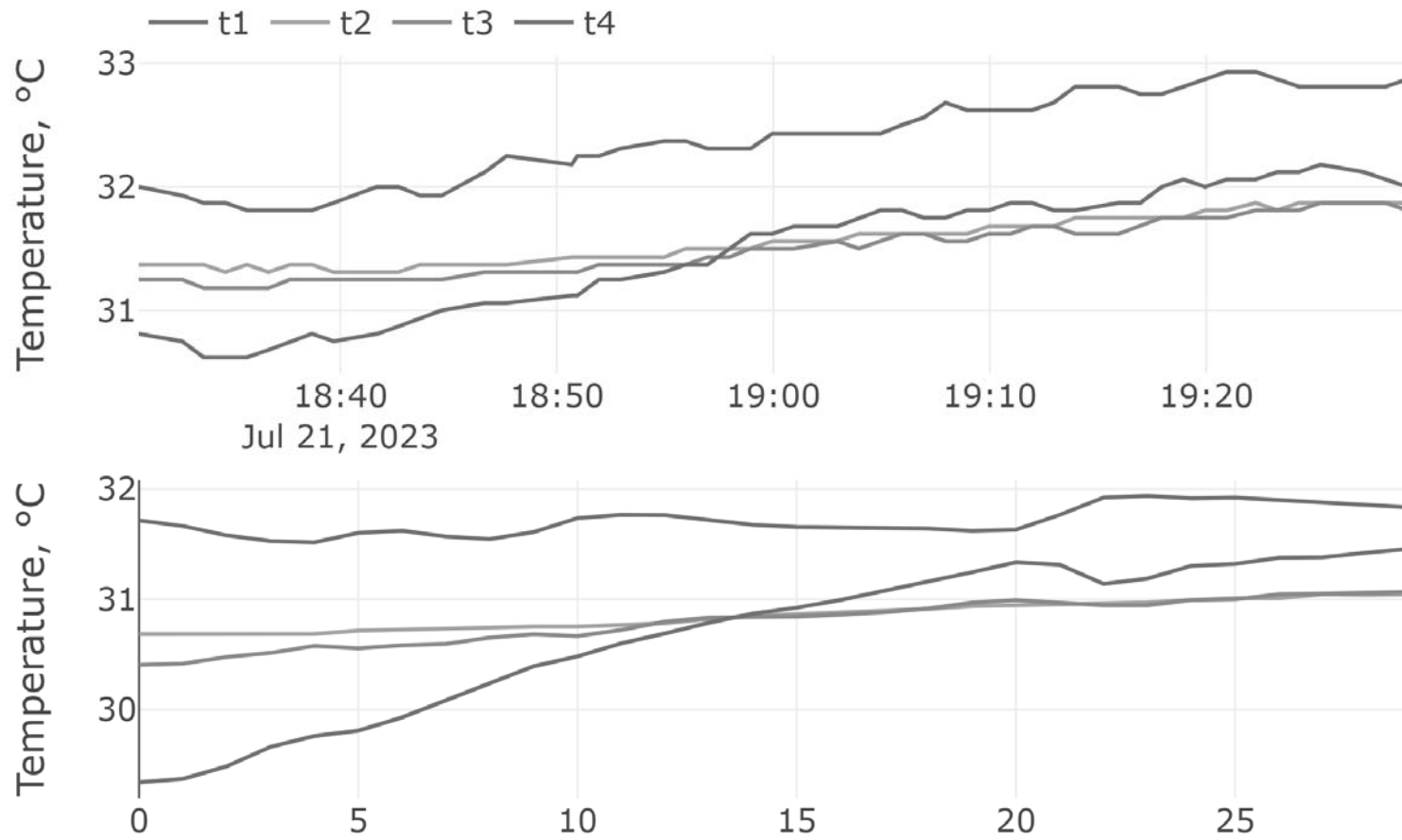
АДАПТИВНЫЙ ПОРОГ ВЫЧИСЛЯЕТСЯ НА ОСНОВЕ ОТФИЛЬТРОВАННЫХ ДАННЫХ



«РЕАКЦИЯ» МОДЕЛИ



ГЕНЕРАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ АНОМАЛЬНЫХ ДАННЫХ



НАБОР ТЕСТОВ

Номер теста	Входные данные	Ожидаемый результат	Полученный результат
1	Система отправляет запрос к БД для получения данных.	Система получает из БД сигналы датчиков температуры за указанный в запросе период.	Совпадает с ожидаемым.
2	Система отправляет запрос к БД для записи результата обработки.	Система успешно записывает в БД результат обработки и завершает текущую итерацию работы скрипта.	Совпадает с ожидаемым.
3	Системе не удается подключиться к БД.	Система завершает текущую итерацию работы скрипта.	Совпадает с ожидаемым.
4	Система получает недостаточное количество данных для обработки.	Система завершает текущую итерацию работы скрипта.	Совпадает с ожидаемым.
5	Система не обнаруживает один из файлов-компонентов.	Система завершает текущую итерацию работы скрипта.	Совпадает с ожидаемым.
6	В системе возникает обрабатываемая ошибка.	Система делает запись в журнал логов и завершает текущую итерацию работы скрипта.	Совпадает с ожидаемым.
7	В системе возникает необрабатываемая ошибка.	Система перезапускается средствами менеджера служб.	Совпадает с ожидаемым.

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ

```
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
(base) denis@ivan-TB-15:~$ systemctl status test_script.service
● test_script.service - Test script daemon
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/test_script.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Wed 2024-05-08 16:09:01 +05; 1min 58s ago
     Main PID: 3530 (python)
       Tasks: 9 (limit: 6756)
      Memory: 227.3M
         CPU: 2.999s
    CGroup: /system.slice/test_script.service
           └─3530 /home/denis/miniconda3/envs/env_1/bin/python /home/denis/test_run_python/pro

мая 08 16:09:02 ivan-TB-15 python[3530]: 2024-05-08 16:09:02.758925: E external/local_xla/xla/st
мая 08 16:09:02 ivan-TB-15 python[3530]: 2024-05-08 16:09:02.760164: E external/local_xla/xla/st
мая 08 16:09:02 ivan-TB-15 python[3530]: 2024-05-08 16:09:02.768386: I external/local_tsl/tsl/c
мая 08 16:09:02 ivan-TB-15 python[3530]: 2024-05-08 16:09:02.768684: I tensorflow/core/platform
мая 08 16:09:02 ivan-TB-15 python[3530]: To enable the following instructions: AVX2 FMA, in othe
мая 08 16:09:03 ivan-TB-15 python[3530]: 2024-05-08 16:09:03.948754: W tensorflow/compiler/tf2te
```